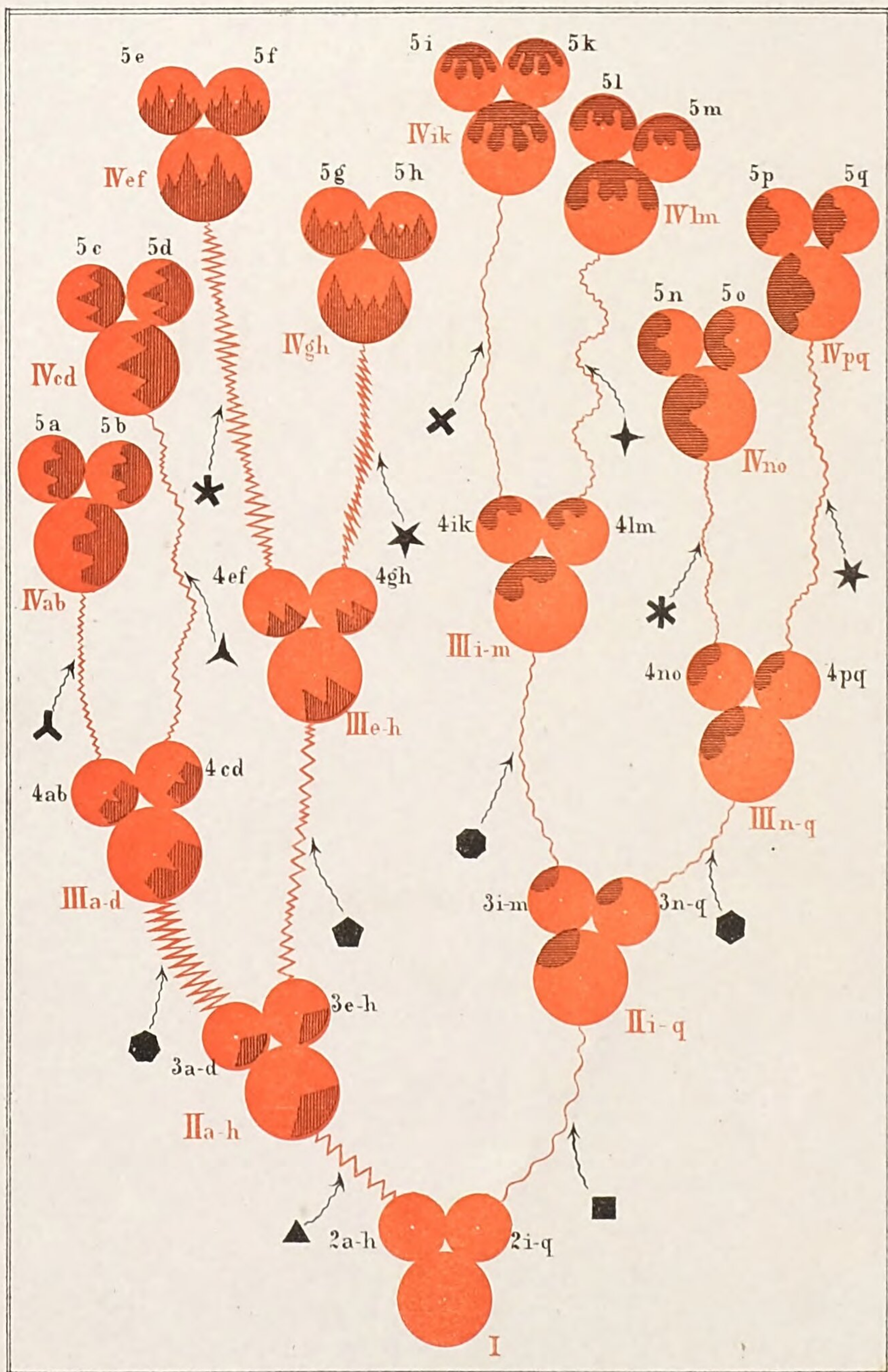


Schema der Perigenesis.



GESAMMELTE
POPULÄRE VORTRÄGE
AUS DEM GEBIETE DER
ENTWICKELUNGSLEHRE.

VON
ERNST HAECKEL.

ZWEITES HEFT.

MIT 30 HOLZSCHNITTEN UND EINER TAFEL IN FARBENDRUCK.

BONN,
VERLAG VON EMIL STRAUSS.

1879.

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen behält sich
die Verlagshandlung vor.

SEINEM LIEBEN FREUNDE

ERNST KRAUSE

(CARUS STERNE)

DEM TREUEN STREITGENOSSEN IM KAMPF UM DIE
WAHRHEIT

WIDMET DIESE BLÄTTER

FREUNDSCHAFTLICHST

DER VERFASSER.

Inhalt des zweiten Heftes.

	Seite
Vorwort	VII
I. Ueber Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie	1
Vortrag, gehalten beim Eintritt in die philosophische Facultät zu Jena, am 12. Januar 1869.	
II. Ueber die Wellenzeugung der Lebenstheilchen oder die Perigenesis der Plastidule	25
Vortrag, gehalten in der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena, am 19. November 1875.	
III. Ueber die Urkunden der Stammesgeschichte	81
Vortrag, gehalten in der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena, am 3. März 1876.	
IV. Ueber die heutige Entwicklungslehre im Verhältnisse zur Gesamtwissenschaft	97
Vortrag, gehalten in der ersten öffentlichen Sitzung der fünfzigsten Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte zu München, am 18. September 1877.	
V. Ueber Ursprung und Entwicklung der Sinneswerkzeuge	121
Vortrag, gehalten im „Wissenschaftlichen Club“ zu Wien, am 25. März 1878.	

Vorwort.

Die populären Vorträge aus dem Gebiete der Entwicklungslehre, welche das zweite Heft dieser Sammlung bilden, sind gleich denjenigen des ersten Heftes unverändert abgedruckt worden. Bezüglich der Veranlassung zu dieser Sammlung und der Beweggründe, welche einen unveränderten Abdruck wünschenswerth erscheinen liessen, kann ich mich auf Dasjenige beziehen, was bereits im Vorwort zum ersten Hefte gesagt worden ist.

Von den fünf Vorträgen dieses zweiten Heftes ist der erste: „Ueber Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie“, am 12. Januar 1869 in der hiesigen Aula gehalten worden, als ich in die philosophische Facultät unserer Universität eintrat. Er bezieht sich zunächst zwar auf meine (1865 erfolgte) Uebnahme des neugegründeten ordentlichen Lehrstuhls für Zoologie, gab aber zugleich Gelegenheit, die Pflichten und Rechte dieses Lehrstuhls nach meiner Auffassung zu erörtern. Diese Erörterung erseheint auch heute noch nicht überflüssig, wenn man bedenkt, wie weit die Ansichten darüber noch auseinander gehen. Nennen sich doch selbst angesehene Lehrer der Zoologie gegenwärtig noch „Professoren der Zoologie und Zootomie“ und „Directoren des vergleichend-anatomisch-zoologischen Instituts!“ Als ob nicht selbstverständlich Zootomie und vergleichende Anatomie Theile der Zoologie wären! Es würde ebenso absurd sein, wenn ein Botaniker sich als „Professor der Botanik und der Pflanzen-Anatomie“ bezeichnen wollte. Jene Thatsache zeigt aber treffend, wie wenig heute noch die grosse wissenschaftliche Aufgabe der Zoologie selbst von ihren berufenen Vertretern begriffen wird. Im Uebri-

gen glaube ich in meiner „Anthropogenie“ hinreichend im Einzelnen dargethan zu haben, wie ich selbst diese Aufgabe durchzuführen bestrebt bin, und wie ich auch die Anthropologie nur als einen speciellen Theil der Zoologie betrachten kann. Gedruckt erschien dieser Vortrag zuerst im 5. Bande der „Jenaischen Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft“ (1870) und später als Einleitung zum ersten Hefte meiner „Biologischen Studien“ (— „Studien über Moneren und andere Protisten“ —), das seit längerer Zeit vergriffen ist.

Der zweite Vortrag wurde am 19. November 1875 in der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena, im Anschlusse an neue Mittheilungen über die Entwicklungsgeschichte der Korallen gehalten. (Vergl. meine populäre Vorlesung über „Arabische Korallen. Ein Ausflug nach den Korallenbänken des rothen Meeres und ein Blick in das Leben der Korallenthier“. Mit 7 Farbendrucktafeln und 20 Holzschnitten. Berlin, 1876.) Die dort nur angedeuteten Verhältnisse der elementaren Entwicklung fanden dann ihre weitere Ausführung in einer Gelegenheitsschrift, welche am 9. Mai 1876 unter dem Titel erschien: „Die Perigenesis der Plastidule oder die Wellenzeugung der Lebenstheilchen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung der elementaren Entwicklungsvorgänge“. Diese Schrift war dem hochverdienten Curator der Universität Jena, Dr. Moritz Seebeck, zur 25jährigen Jubelfeier seiner erfolgreichen Amtsthätigkeit am 9. Mai 1876 gewidmet. Allerdings hat der darin ausgeführte Grundgedanke, eine verzweigte Wellenbewegung der kleinsten beseelten Lebenstheilchen (oder „Plastidule“) als die eigentliche bewirkende Ursache der organischen Entwicklungs-Vorgänge anzunehmen, ebenso wenig Beifall gefunden, als der damit verknüpfte Versuch, die Erbllichkeit als Gedächtniss der Plastidule, und die Variabilität als Fassungskraft der Plastidule in elementarpsychologischem Sinne zu erklären. Aber obwohl ich die grossen Schwächen dieser Hypothese sehr wohl einsehe, will sie mir doch auch heute noch naturgemässer und den Thatsachen der Zellenlehre entsprechender erscheinen, als die berühmte Pangenesis-Hypothese von Darwin, deren wesentlichen Gegensatz zu meiner Perigenesis ich daselbst eingehend besprochen

habe. Aus diesem Grunde, und weil eine dritte bezügliche Hypothese überhaupt nicht existirt, habe ich hier den unveränderten Abdruck derselben nicht für unzweckmässig gehalten, wäre es auch nur, um dadurch berufenere Forscher zu ihrer Widerlegung durch eine bessere Hypothese anzuregen. Freilich dürfte auch bei dieser viel getadelten „Perigenesis“, wie bei meinen „Stammbäumen“, sich ergeben, dass gewöhnlich das Tadeln viel leichter als das Bessermachen ist!

Der dritte Vortrag, „Ueber die Urkunden der Stammesgeschichte“, wurde am 3. März 1876 in der Medicinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena gehalten, im Anschlusse an Mittheilungen über die Gastrula-Bildung, und über die phylogenetische Bedeutung der elementaren ontogenetischen Processe, wobei insbesondere die Unterscheidung der primären Palingenesis und der secundären Cenogenesis von grösster Bedeutung ist. Wer sich näher für diesen höchst wichtigen Gegenstand interessirt, findet eine ausführlichere Darstellung im ersten Vortrage meiner „Anthropogenie“ (III. Aufl. 1877, S. 9 u. f.). Die ausführliche wissenschaftliche Begründung enthalten meine „Studien zur Gastraea-Theorie“ (II. Heft der „Biologischen Studien“, 1877, S. 61: „Die Bedeutung der Palingenie und der Cenogenie“). Der Vortrag über die Urkunden der Stammesgeschichte erschien zuerst gedruckt im „Kosmos“ (I. Band, 1. Heft, 1877).

Der vierte Vortrag über „Die heutige Entwicklungslehre im Verhältnisse zur Gesamtwissenschaft“ wurde am 18. September 1877 in der ersten öffentlichen Sitzung der 50. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte zu München gehalten und erschien sowohl in dem „Amtlichen Bericht“ über die letztere, als auch separat in drei starken Auflagen (im September, October und November 1877; Stuttgart, Eduard Koch). Obwohl demnach dieser Vortrag, in dem zum ersten Male die Einführung der Entwicklungslehre in den Schul-Unterricht gefordert wurde, weit verbreitet ist, so erscheint dennoch seine Aufnahme in diese Sammlung wohl gerechtfertigt: einestheils als Seitenstück und Ergänzung zu dem 14 Jahre früher auf der Stettiner Naturforscher-Versammlung (1863) gehaltenen Vortrage, der im ersten Hefte der Sammlung abgedruckt wurde, anderntheils

wegen der lebhaften und weitgehenden Erörterungen, die gerade an diesen Münchener Vortrag sich knüpften. Denn als Entgegnung auf denselben hielt 4 Tage später (am 22. September 1877) Rudolf Virchow seinen berühmten Vortrag über „Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staate“, worin er die stärksten Angriffe gegen den ersteren, wie gegen unsere heutige Entwicklungslehre überhaupt richtete. Ich habe auf diese Angriffe geantwortet in meiner Schrift „Freie Wissenschaft und freie Lehre“ (Stuttgart, Eduard Koch, 1878). Ein näheres Eingehen auf die höchst wichtige pädagogische Seite jener Frage hatte ich damals absichtlich abgelehnt. Inzwischen ist diese Seite vorzüglich beleuchtet und zugleich Virchow's Forderung gebührend abgewiesen worden in der kürzlich erschienenen Flugschrift: „Die Hypothese in der Schule und der naturgeschichtliche Unterricht“ (Bonn, Emil Strauss, 1879). Der Verfasser derselben, Oberlehrer Hermann Müller in Lippstadt, gehört bekanntlich sowohl zu unseren tüchtigsten Pädagogen, als auch zu denjenigen deutschen Naturforschern, welche — gleich seinem berühmten Bruder Fritz Müller in Brasilien — Darwin's Entwicklungslehre durch eigene werthvolle Forschungen kräftig gefördert haben. Die heftigen Angriffe und schmählichen Verläumdungen, die desshalb Hermann Müller und Ernst Krause, der verdienstvolle Redacteur des „Kosmos“ und Verfasser von „Werden und Vergehen“, kürzlich im Preussischen Abgeordnetenhaus erfahren haben, werden hoffentlich nur dazu beitragen, diesen trefflichen Schriftstellern die wohlverdiente Anerkennung zu sichern.

Der fünfte Vortrag endlich, über „Ursprung und Entwicklung der Sinneswerkzeuge“, wurde am 25. März 1878 im „Wissenschaftlichen Club“ zu Wien gehalten, und erschien im October d. J. im dritten Bande des „Kosmos“ (S. 20 und 99). Er steht in nahen Beziehungen zu dem gleichzeitig gehaltenen Vortrage über „Zellseelen und Seelenzellen“, der in das erste Heft dieser Sammlung aufgenommen ist.

Indem ich diesem zweiten Hefte der „Gesammelten populären Vorträge“ eine gleich freundliche Aufnahme, wie dem ersten wünsche, darf ich wohl die Hoffnung aussprechen, dass auch diese Vorträge das helle Licht der Entwicklungslehre

in weitere gebildete Kreise tragen und zur Beschäftigung mit diesen höchsten Problemen der Naturforschung anregen werden. Doppelt erquickend erscheint jenes Licht und doppelt wohlthuend diese Forschung in einer Zeit, wie die Gegenwart. Auf der einen Seite thürmen sich die düsteren Wolken der politischen und intellectuellen Reaction immer drohender zusammen und suchen die freie Forschung und die freie Lehre ihres gesetzlich garantirten Schutzes zu berauben. Auf der anderen Seite aber erhebt sich eine viel schlimmere und tiefer greifende Gefahr von Seiten derjenigen, die vor Allen berufen sind, Recht und Pflicht der freien Wissenschaft zu wahren. Berühmte und angesehene Führer der Wissenschaft, deren freisinnigen Bestrebungen und tiefsinnigen Forschungen wir früher die höchste Verehrung zollten, verlassen ihre heilige Fahne und gehen offen in das Lager unserer gefährlichsten Gegner über. Nicht allein fordern sie Unterwerfung der freien Vernunft unter das Joch des blinden Dogma der Kirche; nein, sie entblöden sich nicht, offen dem krassesten Aberglauben des Mittelalters sich in die Arme zu werfen. Denn Nichts Anders ist der Spiritismus, der jetzt drohend sein vielköpfiges Schlangenhaupt erhebt. Nicht genug, dass zahlreiche Zeitschriften diesen grossartigen Schwindel in das Gewand wahrer Wissenschaft zu kleiden suchen; sogar einzelne Naturforscher ersten Ranges, wie Wallace und Zöllner, lassen sich durch die spiritistischen Kunststücke von schlaunen Taschenspielern fangen, und helfen im Netze dieser raffinirten Betrüger selbst den Betrug der Menschheit auf das Kräftigste fördern. Dass gerade ein Friedrich Zöllner den Gaukeleien eines Slade zum Opfer fallen musste, ist im höchsten Maasse zu bedauern; um so mehr, als dem ersteren die wissenschaftliche Kritik und die echte Naturphilosophie so manche werthvolle Förderung verdankt, und als der letztere schon früher als gemeiner Betrüger gerichtlich entlarvt war.

Gegenüber diesen traurigen und beschämenden Erscheinungen wenden wir hoffnungsvoll unseren Blick auf die grosse Mehrzahl der Naturforscher, die ihren Kopf frei und ihre Hand rein halten. Nur die freie Naturwissenschaft, die freie Forschung und die freie Lehre wird im Stande sein, diese drohenden Gefahren abzuwenden, und den Aberglauben, diesen

schlimmsten Feind der menschlichen Vernunft, auch diesmal siegreich zu überwinden. Unter allen Naturwissenschaften aber ist keine in so hervorragendem Maasse dazu berufen, wie unsere heutige Entwicklungslehre!

Jena, den 12. März 1879.

Ernst Haeckel.

Ueber Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie.

V o r t r a g

gehalten am 12. Januar 1869

beim Eintritt in die philosophische Facultät zu Jena.

„Natur hat weder Kern noch Schale,
Alles ist sie mit Einem Male.“

Goethe.

Dem akademischen Lehrer, welcher seinen Eintritt in eine Facultät der herkömmlichen Sitte gemäss durch eine öffentliche Rede einzuleiten hat, bietet sich als das nächstliegende und natürlichste Thema eine Betrachtung der wissenschaftlichen Aufgaben, welche er in seinem Berufsfache findet, und der Art und Weise, in welcher er dieselben zu lösen gedenkt. Eine derartige Erörterung kann trivial und überflüssig erscheinen in jenen zahlreichen Zweigen der Wissenschaft, welche schon seit längerer Zeit eine fest bestimmte Richtung und ein klares Ziel gefunden haben, und über deren Inhalt, Umfang und Behandlung unter ihren Lehrern mehr oder minder Uebereinstimmung herrscht. Sie erscheint dagegen keineswegs bedeutungslos in denjenigen Disciplinen, welche noch nicht dieses Stadium der Reife erreicht haben, und demgemäss in sehr verschiedener Weise aufgefasst und behandelt werden. Unter den Naturwissenschaften gilt dies letztere von keiner in höherem Maasse, als von der Zoologie. Ich glaube daher, keineswegs etwas Ueberflüssiges zu thun, wenn ich heute bei meinem Eintritte in die philosophische Facultät meine eigene Auffassung von den Aufgaben der heutigen Zoologie darlege, und den Sinn erörtere, in welchem ich den in Jena neu errichteten ordentlichen Lehrstuhl für dieses Fach zu vertreten bestrebt bin.

Zum wahren Verständniss einer jeden Erscheinung gelangen wir nur dadurch, dass wir den geschichtlichen Gang ihrer Entstehung und ihres Wachstums Schritt für Schritt verfolgen. Jedes Verhältniss wird, mit einem Worte, nur durch seine Entwicklungsgeschichte erkannt. Dieser Grundsatz gilt ebenso von der menschlichen Wissenschaft, wie von allen übrigen organischen Functionen. Es wird daher zunächst nothwendig sein, einen übersichtlichen Blick auf den Entwicklungsgang zu werfen,

welchen die Zoologie im Verlaufe des menschlichen Culturlebens genommen hat.

Dieser Entwicklungsgang ist fürwahr seltsam genug und steht in mancher Beziehung einzig da. Denn wenn wir unter dem Begriffe der Zoologie naturgemäss die vollständige Gesamtwissenschaft von dem Thierleben in allen seinen verschiedenen Erscheinungsformen und Aeusserungen verstehen, die gesammte Morphologie und Physiologie der Thiere, so tritt uns zunächst die befremdende Thatsache entgegen, dass die verschiedenen Zweige der Thierkunde sich in auffallender Isolirung und Unabhängigkeit von einander entwickelt haben; dagegen zum Theil in engstem Zusammenhang mit verschiedenen anderen Wissenschaften. So ist der grösste Theil der Anatomie und Physiologie der Thiere hervorgegangen aus dem Bedürfniss der menschlichen Anatomie und Physiologie, welche ihrerseits wieder im Dienste der Medicin gross gezogen wurde. Dasselbe gilt von einem Theile der thierischen Entwicklungsgeschichte, nämlich derjenigen der Individuen, der Embryologie, während der andere Haupttheil derselben, die paläontologische Entwicklungsgeschichte der Thierarten und Thierstämme, völlig von jenem ersten geschieden, im Dienste der Geologie entstand. Die Psychologie, ein integrierender Bestandtheil der Physiologie, wurde gänzlich von dieser getrennt und unter die Vormundschaft einer rein speculativen Philosophie gestellt, welche von der unentbehrlichen zoologischen Basis Nichts wissen wollte. Endlich entwickelte sich, ganz unabhängig von allen jenen Disciplinen, eine Systematik des Thierreichs, welche sich lediglich mit der Beschreibung und Classification der verschiedenen Thierarten beschäftigte. Obwohl diese systematische Zoologie den grössten Theil der vorher genannten Disciplinen ignorirte, und höchstens von der Anatomie eine Anzahl von Daten entlehnte, erhob sie dennoch vor allen den Anspruch, die „eigentliche“ Zoologie zu sein, und dieser Anspruch kann gerechtfertigt erscheinen, wenn man als Maassstab das Volum der zoologischen Literatur und den Inhalt ihrer Handbücher betrachtet, welche in der That zum bei weitem grössten Theile der systematischen Zoologie gewidmet sind. Freilich hat in neuerer Zeit einerseits die Physiologie, andernteils die Anatomie der Systeme

matik ihr Privilegium streitig gemacht, und jede für sich will jetzt als die „eigentliche“ Zoologie betrachtet werden. Indess ist dieser Streit so wenig erledigt, dass bis auf den heutigen Tag selbst unter den namhaften Vertretern unserer Wissenschaft die Ansichten über deren Inhalt und Umfang weit auseinander gehen, und bald dieser, bald jener Theil als die eigentliche Zoologie bevorzugt und den anderen entgegengesetzt wird.

Den unbefangenen, ausserhalb der Fächgrenzen stehenden Beobachter muss diese Erscheinung um so mehr befremden, als bereits derjenige grosse Naturforscher des Alterthums, welchen die dankbare Nachwelt als „Vater der Naturgeschichte“ verehrt, Aristoteles, die Thierkunde als das auffasste, was sie naturgemäss sein soll, als die umfassende Gesamtwissenschaft von den Thieren. Seine klassische „Geschichte der Thiere“, in Verbindung mit den specieller ausgeführten kleineren Schriften, der vergleichend anatomischen Schrift von den Theilen der Thiere, und der ontogenetischen Schrift von der Zeugung und Entwicklung der Thiere, offenbaren uns eine so universelle und grossartige Auffassung der Thierwelt, dass wir es begreiflich finden, wie dieselben mehr als anderthalb Jahrtausende hindurch als zoologisches Fundamentalwerk eine Autorität ohne Gleichen geniessen konnten.

Bis zum sechzehnten Jahrhundert fand sich kein Forscher, der es unternommen hätte, das von Aristoteles begonnene grossartige Unternehmen selbstständig fortzusetzen, oder auch nur bestimmte Theile des von ihm entworfenen Wissenschaftsgebäudes im Einzelnen auszuführen. Vielmehr begnügte man sich damit, die Schriften des Aristoteles abzuschreiben, zu übersetzen und zu commentiren.

Erst als durch die Entdeckung der neuen Welt, durch die Auffindung des Seewegs nach Ostindien und die zahlreichen anderen Entdeckungsreisen des fünfzehnten und sechzehnten Jahrhunderts eine Fülle von neuen, bis dahin unbekannten Thieren und Pflanzen nach Europa gebracht wurde, begann die Naturgeschichte aus ihrem langen Schläfe zu erwachen. Zunächst anregend wirkte das Bedürfniss, die neuen Formen zu unterscheiden, zu ordnen und zu benennen, und dies Bedürfniss wurde um so dringender, je mehr verschiedene Pflanzenarten

in den Herbarien, je mehr verschiedene Thierarten in den zoologischen Sammlungen sich anhäuften. Aber erst im Beginn des achtzehnten Jahrhunderts kam der grosse Reformator der Naturgeschichte, der mit kühnem Geiste und mit gewaltiger Hand das riesenhaft angewachsene Material ergriff, durchgreifend ordnete, und zum ersten Male in dem künstlichen Gebäude eines streng logischen Systemes zusammenstellte. 1735 erschien das epochemachende „Systema naturae“ von Carl Linné, und damit war der feste Grundstein für alle nachfolgende Systematik des Thier- und Pflanzenreichs gegeben. Die von Linné darin durchgeführte binäre Nomenclatur, die zwiespältige Benennungsweise der organischen Formen, welche sich auf die Unterscheidung der Art (Species) und der Gattung (Genus) gründete, erwies sich so praktisch, dass sie noch heutigen Tages in allgemeiner Geltung steht.

Nun war es mit einem Male möglich geworden, die ganze unendliche Fülle der Thier- und Pflanzenformen übersichtlich zu ordnen und unter den bestimmten bleibenden Namen von Gattungen und Arten in das künstliche Fachwerk des Systems einzureihen. Bald wandten sich daher ganze Schaaren von Naturforschern dem neu eröffneten Gebiete der organischen Systematik zu. Einerseits die Unterscheidung und Classification der zahllosen verschiedenen Thier- und Pflanzenarten, anderntheils der ästhetische Genuss an der Schönheit, oder selbst nur das neugierige Interesse an der Curiosität der äusseren Formen, übten eine solche Anziehungskraft aus, dass die grosse Mehrzahl der Naturforscher nach Linné hierin allein schon vollständige Befriedigung fand. Selbst heute noch, nachdem schon längst im Gegensatze zu der reinen Systematik die anatomisch-physiologische Richtung sich kräftig entwickelt hat, ist die literarische Thätigkeit und wenigstens das numerische Gewicht ihrer Vertreter so stark, dass sie noch in weiten Kreisen als die „eentlichen“ Zoologen angesehen werden. Noch heute beschäftigen sich weit mehr Naturforscher mit dem Sammeln, Aufbewahren, Ordnen und Benennen der Thier- und Pflanzenformen, als mit ihrer anatomischen und physiologischen Untersuchung oder mit ihrer Entwicklungsgeschichte. Noch heute

füllen dieselben die bei weitem grössere Hälfte der zoologischen und botanischen Literatur.

Schon diese imposante Vergangenheit und die mächtige äussere Stellung der Systematik nöthigt uns hier, unsere eigene Meinung von derselben darzulegen, zumal die Ansichten über Werth und Bedeutung derselben gerade jetzt sehr weit auseinandergehen. Denn während die Einen mit Linné im System der Naturkörper noch heute das eigentliche Ziel der Naturgeschichte erblicken, während Andere darin nur einen übersichtlich geordneten Ausdruck unserer gesamten biologischen Kenntnisse im Lapidarstyl finden wollen, sprechen noch Andere der Systematik überhaupt allen wissenschaftlichen Werth ab.

Um in diesem Widerstreit der Meinungen zu einem gerechten Urtheil zu gelangen, müssen wir unterscheiden zwischen jener rein äusserlichen Systematik der grossen Menge, deren Ideal ein möglichst vollständiges zoologisches Museum und Herbarium ist, und zwischen derjenigen Systematik, welche in dem natürlichen System der Organismen den hypothetischen Ausdruck ihres wirklichen Stammbaums erblickt; und in dessen annähernder Feststellung ein eben so hohes als schwieriges wissenschaftliches Ziel verfolgt.

Die Systematik der ersten Art, die Museums-Zoologie und die Herbariums-Botanik, wie sie bisher ganz vorwiegend getrieben wurden, verdient allerdings kaum den Namen einer Wissenschaft. Denn jede Wissenschaft muss als solche einen gewissen Schatz von allgemeinen Resultaten und Gesetzen aufweisen können; sie muss nach dem Verständniss der Erscheinungen und nach der Erkenntniss ihrer Ursachen streben; sie darf sich niemals mit der blossen Kenntniss einzelner That-sachen begnügen. Das letztere ist aber bei der reinen Systematik ganz gewiss der Fall. Diese will weiter Nichts, als alle einzelnen Thier- und Pflanzenformen kennen, beschreiben und mit Namen unterscheiden. Eine solche rein beschreibende Naturgeschichte kann aber nie eine Wissenschaft sein. Denn der Begriff einer rein descriptiven Wissenschaft ist ein innerer Widerspruch, eine *Contradictio in adjecto*. Wir sind gewiss weit entfernt davon, den hohen praktischen Werth der descriptiven Systematik zu unterschätzen. Sie ist sowohl für die zoo-

logischen und botanischen Sammlungen, als auch für die eigentlich wissenschaftlichen Untersuchungen der Thiere und Pflanzen ganz unentbehrlich. Sie ist ebenso unentbehrlich als diese Sammlungen selbst, und die ganze Verwerthung der zoologischen und botanischen Kenntnisse für das praktische Leben ist von ihr abhängig. Allein eine praktische und angewandte Wissenschaft ist eben keine reine Wissenschaft mehr, sondern eine Kunst, und wir werden daher die rein descriptive Systematik der Thier- und Pflanzenformen ebenso als eine Kunst zu betrachten haben, wie die praktische Medicin, die Pharmacie und die Landwirthschaft, denen sie ja auch in besonderem Maasse dienstbar ist.

Gänzlich verschieden von dieser künstlichen descriptiven Systematik ist diejenige wahrhaft wissenschaftliche Systematik, welche in dem natürlichen Systeme der Thier- und Pflanzenarten den wahren Stammbaum derselben erblickt und aufsucht. Diese genealogische Behandlung und Auffassung des natürlichen Systems ist freilich erst in der jüngsten Zeit möglich geworden, seitdem Charles Darwin durch seine Reform der Descendenz-Theorie uns zu einem wahren ursächlichen Verständniss der organischen Erscheinungswelt geführt hat. Freilich wird es noch lange dauern, ehe auch nur die Hauptzweige des systematischen Stammbaums vollkommen festgestellt sein werden, und die Aufgabe unserer genealogischen Systematik ist höchst verwickelt. Aber dennoch gehört ihr die Zukunft! Nur durch die genealogische Auffassung des natürlichen Systems, welche in den Kategorien oder Gruppenstufen desselben, in den Classen, Ordnungen, Gattungen und Arten lediglich divergente Zweige des wahren Stammbaums erblickt, welche in der Formverwandtschaft der Organismen ihre wahre Blutsverwandtschaft erkennt, nur durch dieses genealogische Verständniss des Formensystems wird die Systematik zu einer wahren Wissenschaft werden.

Uebrigens hat die descriptive Systematik während der letzten Jahrzehnte insofern schon mehr und mehr dem wahrhaft natürlichen System der genealogischen Classification sich nähern müssen, als sie gezwungen wurde, immer mehr die gesamten Bildungs- und Entwicklungsverhältnisse der organischen For-

men zur breiten Basis ihrer systematischen Unterscheidung zu machen. Die frühere von Linné ausgehende Systematik war insofern rein künstlich, als sie meistens nur einzelne, und vorzugsweise äussere, leicht kenntliche Merkmale zur Unterscheidung der Arten und Gattungen und selbst der grösseren Gruppen, der Ordnungen und Classen, benutzte, und bei deren Verwerthung rein logisch verfuhr oder wenigstens verfahren sollte. Die spätere Systematik, insbesondere seit Beginn unseres Jahrhunderts, fasste aber statt dessen mehr den gesamten Charakter des Baues und namentlich die wichtigeren inneren Verhältnisse ins Auge, und stützte sich in den letzten Decennien auch schon wesentlich auf die Embryologie. Indem nun immer mehr diese letztere, und überhaupt die gesammte Entwicklungsgeschichte in ihrem fundamentalen Werthe erkannt und auch in der descriptiven Systematik verwerthet wurde, nahm die Classification unwillkürlich immer entschiedener ihre Richtung auf das genealogische, wahrhaft natürliche System, gab aber dabei nothwendig häufig ihren logischen Charakter auf. Denn die streng logische Classification muss nothwendig oft künstlich sein und kann sehr oft aus vielen Gründen nicht mit der genealogischen natürlichen Classification zusammenfallen.

Die synthetische, genealogische Systematik der Zukunft wird mehr als alles Andere dazu beitragen, die verschiedenen isolirten Zweige der Zoologie in einem natürlichen Mittelpunkte, in der wahren Naturgeschichte zu sammeln, und zu einer umfassenden geschichtlichen Gesamtwissenschaft vom Thierleben zu vereinigen. Die analytische, descriptive Systematik der Vergangenheit that gerade das Gegentheil, indem sie immer bestrebt war, sich als „eigentliche“ Zoologie in den Vordergrund zu drängen, und diejenigen Wissenschaftszweige, die ihr eigentlich erst ihren inneren Gehalt geben, vor allen die Anatomie und Entwicklungsgeschichte, aus dem Gebiete der sogenannten eigentlichen Zoologie auszuschliessen. Dieses sonderbare Verhältniss lässt sich grossentheils aus der schon vorher berührten Isolirung erklären, in der sich die Anatomie und die übrigen Zweige der Zoologie, grossentheils in Zusammenhang mit anderen, fremden Wissenschaften, entwickelten.

Derjenige Theil der wissenschaftlichen Zoologie, welcher

vor allen zunächst von der Systematik hätte gepflegt werden sollen, die Morphologie, d. h. die Anatomie und Entwicklungsgeschichte, hat sich eigentlich bis zum Beginn unseres Jahrhunderts vollkommen unabhängig von der herrschenden systematischen Zoologie erhalten. Ja selbst jetzt noch finden wir von anerkannten Naturforschern und weitverbreiteten Handbüchern die Frage erörtert, ob denn eigentlich die vergleichende Anatomie der Thiere zur Zoologie gehöre oder nicht?

Allerdings hatte bereits Aristoteles erkannt, dass die Naturgeschichte der Thiere auch die Kenntniss ihres inneren Baues umfasse und hatte selbst schon vielfach Thiere zergliedert. Ja, schon sein grosser Vorgänger, Democritus von Abdera, der Begründer der Atomenlehre, hatte seinen Eifer für Thier-Anatomie so weit getrieben, dass ihn seine Mitbürger für wahnsinnig hielten, und ihm den Aufenthalt in ihrer Mitte untersagten. Allein in der Folgezeit wurde die Kenntniss vom inneren Bau des Thierkörpers vorzugsweise durch die Medicin gefördert, welche schon frühzeitig das dringende Bedürfniss empfand, den inneren Bau des menschlichen Körpers genau kennen zu lernen. Da aber Vorurtheil und Aberglauben während des ganzen Alterthums und Mittelalters der Zergliederung menschlicher Leichen die grössten Hindernisse in den Weg legten, so nahm man seine Zuflucht zur Anatomie der dem Menschen nächstverwandten Säugethiere, und zog aus deren innerem Bau Schlüsse auf die entsprechenden Verhältnisse beim Menschen. Der römische Arzt Claudius Galenus, welcher im zweiten Jahrhundert nach Christus lebte, und dessen Schriften über menschliche Anatomie und Pathologie bis zum fünfzehnten Jahrhundert sich einer unumschränkten Autorität erfreuten, schöpfte seine Kenntniss des menschlichen Baues vorzugsweise aus der Zergliederung von Affen. Selbst noch im vierzehnten und fünfzehnten Jahrhundert wagte man menschliche Anatomie nur in verborgenen Schlupfwinkeln zu treiben, besonders seitdem Papst Bonifaz VIII. den grossen Kirchenbann über Alle ausgesprochen hatte, welche menschliche Leichen zu zergliedern wagten. So beschränkten sich denn die wissbegierigen Aerzte meistens auf die Anatomie der Hunde, Pferde und anderer leicht zugänglichen Hausthiere.

Auf diese Weise wurden schon mancherlei Kenntnissse über den inneren Bau des Körpers der höheren Thiere gesammelt. Aber erst im achtzehnten Jahrhundert fing man wieder an, auch die Anatomie der niederen Thiere in ausgedehnterem Maasse zu untersuchen und zu vergleichen, und gegen Ende desselben bereiteten namentlich Pallas, Poli und Camper den Boden vor, auf welchem endlich im Anfange unseres Jahrhunderts Cuvier zum ersten Male ein selbstständiges Lehrgebäude der vergleichenden Anatomie errichten konnte.

Unter den zahlreichen und grossen Verdiensten, welche sich Cuvier um die Förderung der Zoologie erwarb, steht oben an die Unterscheidung der grossen natürlichen Hauptgruppen, welche er Zweige oder Typen des Thierreichs nannte und welche er durch die wesentlichen, constanten Grundzüge ihres inneren anatomischen Baues charakterisirte. Die wichtigsten allgemeinen Resultate der vergleichenden Anatomie wurden dadurch zugleich zum ersten Male für die systematische Thierkunde verwerthet und damit der Anfang eines natürlichen Systems gemacht. Da nun Cuvier gleichzeitig ebenso umfassende Kenntnissse in der thierischen Systematik, als gründliches Verständniss der vergleichenden Anatomie besass, musste ihm der innere Zusammenhang dieser beiden Disciplinen völlig klar werden, so dass er sogar die vergleichende Anatomie zugleich als die Voraussetzung und als das Ziel der Zoologie bezeichnen konnte.

Indessen war diese Verschmelzung weit davon entfernt, allgemein anerkannt zu werden. Vielmehr trat in der Folge eher wieder eine Verschärfung des Gegensatzes zwischen beiden ein, indem man einerseits die Erforschung des inneren Baues, welche bei den höheren Thieren nur durch Zergliederung möglich ist, der vergleichenden Anatomie, andererseits die Beschreibung der äusseren Formen der eigentlichen, d. h. der systematischen Zoologie zuwies. Hierin lag aber eben ein doppelter Fehler. Denn erstens ist die blosse anatomische Zergliederung der Thiere und die Beschreibung ihres inneren Baues noch lange nicht vergleichende Anatomie, sondern vielmehr bloss Zootomie; die Zootomie aber verfährt bloss analytisch und beschreibend; die vergleichende Anatomie dagegen, wie ihr Name sagt, synthetisch und vergleichend — diese behauptet den Rang

einer wahrhaft philosophischen Wissenschaft, worauf jene niemals Anspruch erheben kann; die Zootomie bleibt eine reine Kunst, so gut wie die menschliche Anatomie, so lange diese letztere nicht vergleichend und synthetisch zu Werke geht.

Zweitens aber ist es auch falsch, unter Anatomie bloss die Kenntniss des inneren Baues und nicht der äusseren Körperformen zu verstehen. Vielmehr ist Anatomie die gesamte Kenntniss von den entwickelten oder vollendeten Formen der Organismen, gleichviel ob dieselben äusserlich an der Oberfläche des Körpers zu Tage treten oder nicht. Wenn z. B. Savigny in den unendlich mannigfaltig gebildeten Mundtheilen der Insecten eine und dieselbe gemeinsame Grundform, einen einheitlichen sogenannten Bauplan nachwies, so war dies reine „vergleichende Anatomie“, obwohl die Mundtheile der Insecten ganz äusserlich liegen und auch von der systematischen Zoologie beständig verwerthet werden, aber freilich nur in entgegengesetztem, in analytischem oder zootomischem Sinne.

In gleicher Weise, wie die Lehre von den Organen, welche den Hauptbestandtheil der vergleichenden Anatomie bildet, so hat auch die Lehre von den Elementartheilen derselben, die Gewebelehre, Histologie oder Zellenlehre, durch die Medicin angeregt, von der menschlichen Anatomie ihren Ausgangspunkt genommen. Allerdings begann der grosse Italiener Marcello Malpighi schon vor mehr als zwei Jahrhunderten mit Hülfe des so eben entdeckten Mikroskopes den feineren Bau sowohl des thierischen, als des pflanzlichen Körpers und seine Zusammensetzung aus verschiedenen Geweben zu erforschen. Allein sowohl Malpighi und Leeuwenhoeck, als auch die Mikroskopiker des achtzehnten Jahrhunderts vermochten nicht über eine bunte Sammlung von zusammenhangslosen Thatsachen hinauszukommen, und selbst nachdem Xaver Bichat 1801 durch seine „Anatomie generale“ die erste zusammenhängende Gewebelehre des Menschen gegeben hatte, verflossen beinahe noch vierzig Jahre, bis Theodor Schwann, angeregt durch Schleiden's kurz zuvor aufgestellte pflanzliche Zellentheorie, seine epochemachenden „Untersuchungen über die Uebereinstimmung im Bau und Wachsthum der Thiere und Pflanzen“ veröffentlichte. Damit war der Nachweis geliefert, dass auch der Leib

der Thiere ebenso wie der der Pflanzen aus selbstständig lebenden elementaren Organismen oder Individuen erster Ordnung, aus Zellen, zusammengesetzt sei, und dass jeder vielzellige Organismus aus einer einfachen Zelle entstehe. Indessen wirkte merkwürdigerweise diese Zellentheorie in der Zoologie bei weitem nicht so mächtig und allgemein fördernd, als in der Botanik, wo die Zellenlehre bald so sehr den Hauptbestandtheil der Anatomie bildete, dass man beide Begriffe oft geradezu für identisch annahm. Nur die menschliche Zellenlehre und die damit zusammenhängende Gewebelehre des Wirbelthierkörpers nahm bald einen äusserst kräftigen Aufschwung, da die wissenschaftliche Medicin ihre fundamentale Bedeutung richtig begriff. Namentlich vermochte der scharfsinnige Virchow durch seine Cellularpathologie das innere Wesen des Zellenlebens tiefer zu ergreifen und darzustellen, als die grosse Schaar der bloss an den äusseren Zellenformen haftenden Histologen. Dagegen blieb die Gewebelehre der wirbellosen Thiere ausserordentlich zurück, und erst das letzte Jahrzehnt hat in umfassenderer Weise die Ausbeutung der unermesslichen hier verborgen liegenden Schätze begonnen. Mehr zu beklagen bleibt aber jedenfalls, dass auch heute noch das eigentliche Verständniss des Zellenlebens den meisten sogenannten Zoologen gänzlich abgeht, und dass die Gewebelehre noch in weit höherem Maasse als die Organlehre, als eine Disciplin betrachtet wird, um die sich die eigentliche Zoologie nicht sehr zu kümmern brauche.

In noch weiterem Abstände von der systematischen Zoologie, als die vergleichende Anatomie und Gewebelehre, bildete sich die Entwicklungsgeschichte der Thiere aus. Dies gilt von beiden Zweigen derselben, sowohl von der Entwicklungsgeschichte der thierischen Individuen, welche gewöhnlich Embryologie, richtiger Ontogenie genannt wird, als von derjenigen der thierischen Arten und Stämme, der paläontologischen Entwicklungsgeschichte oder Phylogenie.

Für die erstere bildete wieder die Naturgeschichte des Menschen und das Interesse, welches die wissenschaftliche Medicin an derselben hatte, den Ausgangspunkt. Die menschlichen Anatomen mussten natürlich auch den Bau und die Entwicklung des menschlichen Embryo in Betracht ziehen. Da aber die

frühesten Stadien der embryonalen Entwicklung beim Menschen sowohl als bei den übrigen Säugethieren nur schwer zugänglich sind, so wandte man sich schon frühzeitig an diejenigen nächstverwandten Wirbelthiere, die Vögel, bei denen sich die Entwicklung des Eies bequem von Anfang an verfolgen lässt. Obwohl nun schon im 17. Jahrhundert eine Anzahl Darstellungen von Wirbelthier-Embryonen aus früheren und späteren Stadien gegeben wurden, so vermochte doch erst Caspar Friedrich Wolff in seiner 1759 erschienenen „*Theoria generationis*“ das eigentliche Wesen der thierischen Entwicklung, als einer wahren Epigenesis, darzulegen, und selbst dann verfloss noch ein halbes Jahrhundert, ehe dieselbe die verdiente Anerkennung gewann.

Als nun im Beginn unseres Jahrhunderts die Embryologie namentlich durch Pander und Baer einen neuen mächtigen Aufschwung nahm, waren es wieder vor allen die Wirbelthiere, und in erster Linie die Säugethiere und Vögel, um deren Entwicklungsgeschichte man sich, im Hinblick auf diejenige des Menschen, am meisten bemühte. Allerdings zeichnete der weitblickende Baer schon in seiner Entwicklungsgeschichte der Thiere, welche vorzugsweise die Wirbelthiere behandelte, in grossen Umrissen auch die Charakterzüge, durch welche sich die verschiedenen Hauptgruppen der wirbellosen Thiere in ihrer Ontogenie unterscheiden. Indessen begannen eingehendere und umfassendere Studien über die Entwicklungsgeschichte der verschiedenen Wirbellosen erst einige Decennien später angestellt zu werden, und auch heute ist, trotz der zahlreichen und glänzenden Entdeckungen der verflossenen Jahrzehnte, unsere zusammenhängende Erkenntniss von der Entwicklungsgeschichte der Wirbellosen viel weiter zurück, als diejenige der Wirbelthiere. Jedenfalls ist aber so viel gewonnen, dass heutzutage in der Zoologie ebenso wie in der Botanik, die wahrhaft wissenschaftlichen Vertreter derselben die Entwicklungsgeschichte als das unentbehrliche Fundament anerkennen, durch welches ein wahres anatomisches Verständniss der entwickelten Formen erst gewonnen werden kann.

Freilich beschränkte sich diese Anerkennung bisher nur auf den einen, eben genannten Zweig der Entwicklungsgeschichte, auf diejenige der thierischen Individuen. Dagegen

ist der andere, nicht minder bedeutungsvolle Zweig derselben bis in die neueste Zeit im auffallendsten Maasse vernachlässigt worden. Das ist die paläontologische Entwicklungsgeschichte der Thierarten, die Phylogenie. Sie hat die Formenwandlungen zu erforschen, welche die wenigen grossen Hauptclassen des Thierreichs, die Phylen oder Stämme, während der langen Perioden der Erdgeschichte unter beständigem Wechsel ihrer Arten durchlaufen haben.

Erst seitdem Charles Darwin 1859 seine epochemachende Selectionstheorie aufgestellt, und dadurch der von Lamarck 50 Jahre früher begründeten Descendenztheorie ihr unerschütterliches causales Fundament gegeben hatte, erst seitdem war es möglich geworden, an diesen wichtigen und interessanten, bisher aber nicht einmal dem Namen nach existirenden Zweig der Zoologie, ernstlich Hand anzulegen. Es erklärt sich das daraus, dass das empirische Material dieser Stammesgeschichte sich auf einem weit entfernten Gebiete der Naturwissenschaft, ohne jeden inneren Zusammenhang mit der Zoologie, angehäuft hatte. Denn die versteinerten Thierreste, welche im Schoosse der Erde begraben liegen, und welche als „Denkmünzen der Schöpfung“ uns die Geschichte der ausgestorbenen Thiergeschlechter von Jahrtausenden her erzählen, sind zuerst und vorzüglich wegen ihrer Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers studirt worden. Die Geologen waren es, welche den Petrefacten zuerst eingehende Aufmerksamkeit schenkten, und daher hat sich die Paläontologie gänzlich im Dienste der Geologie entwickelt.

Nun liegt der Werth der Versteinerungen für den Geologen vor allem darin, dass sie ihm das relative Alter der über einander liegenden, aus dem Wasser abgesetzten Erdschichten anzeigen. Der Zoolog dagegen erkennt in den Petrefacten die Reste von ausgestorbenen Vorfahren und Blutsverwandten der jetzt lebenden Thierarten, und er muss aus der gesetzmässigen historischen Aufeinanderfolge derselben eine wahre Stammesgeschichte derselben, die continuirliche Umbildungsgeschichte der Speciesformen, zu construiren suchen. Daher haben z. B. die verschiedenen Säugethierreste für den Zoologen das höchste, für den Geologen nur ein sehr geringes Interesse. Andererseits

sind die zahlreichen versteinerten Schnecken- und Muschelarten, welche für die Geologie als „Leitmuscheln“ zur Bestimmung der Gebirgs-Formationen die höchste Bedeutung besitzen, für die Stammesgeschichte der Thiere nur von untergeordnetem Werthe.

Kein Fehler hat in der bisherigen Behandlung der Zoologie zu so grossen Missgriffen geführt, als jene unnatürliche Trennung der beiden Zweige der Entwicklungsgeschichte. Unmöglich konnte man das eigentliche Wesen der organischen Entwicklungsgeschichte verstehen, so lange sich die Ontogenie und die Phylogenie, die Entwicklungsgeschichte der Individuen und diejenige der Arten, nicht um einander kümmerten. Denn thatsächlich stehen ja diese beiden Hälften der Entwicklungsgeschichte im allerinnigsten ursächlichen Zusammenhang. Die Formenreihe, welche das organische Individuum bei seiner kurzen und schnellen Entwicklung vom Ei an durchläuft, wiederholt uns in grossen und allgemeinen Zügen die Formenreihe, welche seine Vorfahren seit Beginn der organischen Schöpfung in dem langen und langsamen Gange ihrer Stammesgeschichte oder ihres Artenwechsels durchlaufen haben. Oder mit anderen Worten: die Individuengeschichte, die Ontogenie, ist eine kurze und schnelle, durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung bedingte Wiederholung der Stammesgeschichte, der Phylogenie.

Die klare Erkenntniss dieses höchst wichtigen Verhältnisses ist von der grössten Bedeutung, nicht allein für die Würdigung der Entwicklungsgeschichte, sondern auch der ganzen Zoologie. Aus dem Umstande aber, dass dasselbe erst in der jüngsten Zeit klar erkannt wurde, kann man schliessen, wie weit unsere Wissenschaft noch zurück ist. Die natürliche, genealogische Systematik, welche das System der Thier- und Pflanzenarten als ihren Stammbaum aufzufassen hat, wird erst in Folge jener Erkenntniss, wie wir schon vorher sahen, sich frei entwickeln können.

Die bisher erwähnten Zweige der Zoologie, die Anatomie und Systematik, die Entwicklungsgeschichte der Individuen und der Stämme, gehören sämmtlich jenem ausgedehnten Gebiete unserer Wissenschaft an, welches man unter dem Namen der Formenlehre oder Morphologie der Thiere begreift. Dieser

gegenüber steht als andere Hälfte der Zoologie die Physiologie, die Lehre von den Lebenserscheinungen der Thiere. Wie die Morphologie in die beiden Hauptzweige der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, so zerfällt die Physiologie in die beiden Hauptzweige der inneren und äusseren, der Arbeits- und der Beziehungs-Physiologie. Die erstere untersucht die Functionen des Organismus an sich, die letztere seine Lebensbeziehungen zur Aussenwelt. Auch diese beiden Disciplinen haben wieder von ganz verschiedenen und weit entfernten Gebieten der Naturwissenschaft ihren Ausgangspunkt genommen.

Was zunächst die äussere, die Physiologie der Beziehungen oder Relationen betrifft, d. h. die Lehre von den Beziehungen des thierischen Organismus zur Aussenwelt, so zerfällt diese wieder in zwei Theile, die Oecologie und die Chorologie der Thiere. Unter Oecologie verstehen wir die Lehre von der Oeconomie, von dem Haushalt der thierischen Organismen. Diese hat die gesammten Beziehungen des Thieres sowohl zu seiner anorganischen, als zu seiner organischen Umgebung zu untersuchen, vor allen die freundlichen und feindlichen Beziehungen zu denjenigen Thieren und Pflanzen, mit denen es in directe oder indirecte Berührung kommt; oder mit einem Worte alle diejenigen verwickelten Wechselbeziehungen, welche Darwin als die Bedingungen des Kampfes um's Dasein bezeichnet. Diese Oecologie (oft auch unpassend als Biologie im engsten Sinne bezeichnet) bildete bisher den Hauptbestandtheil der sogenannten „Naturgeschichte“ in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes. Sie entwickelte sich, wie die zahlreichen populären Naturgeschichten älterer und neuerer Zeit zeigen, im engsten Zusammenhang mit der gewöhnlichen Systematik. So unkritisch nun auch meistens hierbei diese Oeconomie der Thiere behandelt wurde, so erwarb sie sich jedenfalls das Verdienst, das Interesse für Zoologie in weiteren Kreisen lebendig zu erhalten.

Viel geringere Theilnahme fand bis vor Kurzem der andere Zweig der Relations-Physiologie, die Chorologie, d. h. die Lehre von der geographischen und topographischen Verbreitung, von den horizontalen und vertikalen Grenzen der Thierarten, oder die Geographie der Thiere im weitesten Sinne des Wortes.

Bisher bestand dieselbe aus einem wüsten Chaos von bunt zusammengehäuften und unverstandenen Thatsachen, welchem selbst ein Alexander Humboldt und ein Carl Ritter nur hier und da ein tieferes Interesse abzugewinnen vermochte. Erst durch Darwin's Neubegründung der Descendenz-Theorie ist es möglich geworden, die geographische und topographische Verbreitung der Thier- und Pflanzenarten in ihren mechanischen Ursachen zu erkennen, und in ihrem eigentlichen Wesen als einen lebendigen Naturprocess zu erklären, der wesentlich durch die Wanderungen der Spielarten und ihre Umbildung im Kampfe um das Dasein bedingt ist. Obschon daher noch in den ersten Anfängen begriffen, lässt uns doch die Chorologie, ebenso wie die Oecologie der Thiere, schon jetzt eine Fülle der interessantesten Resultate aus der Ferne erblicken.

Als anderen Hauptzweig der Physiologie stellten wir vorher der äusseren oder der Relations-Physiologie die innere oder Conservations-Physiologie gegenüber, welche die Lebens-thätigkeit des Organismus in Beziehung auf ihn selbst untersucht, die Functionen seiner Organe, und vor allen die wichtigsten und allgemeinsten Lebenserscheinungen, die Functionen der Selbsterhaltung, des Wachstums, der Ernährung und Fortpflanzung. Dieser zweite Haupttheil der Physiologie hat, gänzlich von dem ersten getrennt, seinen Ausgangspunkt (ebenso wie die Anatomie) von der Medicin genommen. Sobald die wissenschaftliche Medicin erkannt hatte, dass für eine richtige Erkenntniss des kranken menschlichen Körpers nicht nur die Kenntniss seiner Organisation, sondern auch seiner gesamten Lebenserscheinungen im gesunden Zustande die unerlässliche Vorbedingung sei, musste sie die Physiologie des Menschen zur Voraussetzung seiner Pathologie machen. Da aber für viele physiologische Untersuchungen, namentlich für die mit Vivisection verbundenen Beobachtungen und Experimente der menschliche Organismus nicht tauglich ist, so wandten sich die menschlichen Physiologen schon frühzeitig an die dem Menschen nächstverwandten Wirbelthiere, unter denen insbesondere der treue Hund und der unglückliche Frosch das bedauernswerthe Massmaterial für die Experimental-Physiologie liefern mussten. Freilich war diese aus dem praktischen Bedürfniss hervor-

gehende Untersuchung gewisser Lebenserscheinungen an einzelnen Wirbelthieren weit davon entfernt, zu einer wirklichen „vergleichenden Physiologie“ zu führen. Eine solche existirt auch heute noch nur dem Begriff und der Aufgabe nach, und die Einseitigkeit der menschlichen Wirbelthier-Physiologen trägt daran vielleicht nicht geringere Schuld, als die Gleichgültigkeit der systematischen Zoologen. Soviel ist aber jedenfalls dadurch schon jetzt gewonnen, dass das metaphysische Gespenst der sogenannten „Lebenskraft“ nicht bloss von dem Gebiete der menschlichen, sondern auch der gesammten thierischen Physiologie völlig und für immer verbannt ist. Von diesem mystischen Producte dualistischer Confusion, welches bald als zweckthätiges Lebensprincip, bald als zweckmässig wirkende Endursache, bald als organische Schöpfungskraft so viel Unheil und Verwirrung angerichtet hat, kann jetzt bei einer wahrhaft wissenschaftlichen Untersuchung und Erklärung der Lebenserscheinungen nicht mehr die Rede sein. Wir wissen jetzt, dass alle Lebenserscheinungen der Thiere, ebenso wie des Menschen, mit absoluter Nothwendigkeit nach grossen mechanischen Naturgesetzen erfolgen, dass sie nicht durch Endzwecke (*Causae finales*), sondern durch mechanische Ursachen (*Causae efficientes*) bewirkt werden, und dass sie im letzten Grunde auf physikalisch-chemischen Processen beruhen, auf unendlich feinen und verwickelten Bewegungserscheinungen der kleinsten Theilchen, welche den Körper zusammensetzen. Aber auch hier in der Physiologie, wie in der Morphologie, wird uns das volle Licht über den natürlichen und mechanischen Zusammenhang aller Erscheinungen erst durch Lamarck's und Darwin's Descendenz-Theorie gegeben werden. Sie wird uns zeigen, wie gleich den Formen der Zellen und Organe auch ihre eigenthümlichen Lebensbewegungen, ihre specifischen Functionen, sich auf dem langen und langsamen Wege fortschreitender Entwicklung und Arbeitstheilung stufenweise und allmählich entwickelt haben.

Auf keinem Gebiete der Zoologie wird diese Erkenntniss grössere Umwälzungen hervorbringen, als auf demjenigen der thierischen Psychologie, auf welche wir nothwendig jetzt noch zuletzt einen besonderen Blick werfen müssen. Denn

gerade die Seelenlehre der Thiere hat sich in grösserer Isolirung entwickelt, und ist daher auch in stärkerem Rückstande geblieben, als alle übrigen Zweige der Zoologie. Hat ja selbst die menschliche Psychologie, von welcher doch alle vergleichende Psychologie der Thiere immer erst ausgegangen ist, sich bisher fast ganz im Dienste einer speculativen Philosophie entwickelt, welche die unentbehrlichen Fundamente der empirischen Physiologie von vornherein verschmähete.

Was würden wir heutzutage von einem Botaniker sagen, der das Seelenleben der Pflanzen von ihren übrigen Lebenserscheinungen trennen und das Studium der letzteren der empirischen Physiologie, dasjenige der ersteren aber der speculativen Philosophie zuweisen wollte? Und doch zeigen uns die Seelenerscheinungen mancher Pflanze (wie z. B. der schamhaften Mimose, der empfindlichen Fliegenfalle, und selbst unserer einheimischen Berberitzenblüthe) einen höheren Grad der Vollkommenheit, als diejenigen vieler niederen Thiere, wie z. B. der Schwämme, vieler Corallen, und der Seescheiden oder Ascidien! Diese letzteren aber, die Ascidien, besitzen unter allen wirbellosen Thieren die nächste Blutsverwandtschaft mit den Wirbelthieren; und unter diesen finden wir eine solche ununterbrochene Continuität in der stufenweisen Entwicklung des Seelenlebens, dass wir eine zusammenhängende Fortschrittsreihe aufstellen können von manchen Amphibien, deren geistige Entwicklung weit hinter derjenigen der höheren Wirbellosen zurückbleibt, bis zu manchen Säugethieren, die sich vielleicht über die niedersten Menschenstufen erheben.

Sobald man auf diesem dunkeln und durch mystische Speculationen noch mehr verdunkelten Gebiete diejenigen Untersuchungs-Methoden befolgt, die uns überall in der Biologie zum Ziele führen, die beiden Methoden der Vergleichung und der Entwicklungsgeschichte, so muss man nothwendig zu dem Resultate gelangen, dass auch das menschliche Seelenleben, gleich den übrigen Lebensfunctionen, sich im Kampf um's Dasein langsam, und in gleichem Schritt mit der fortschreitenden Vervollkommnung des Nervensystems, historisch entwickelt hat. Die Untersuchung desselben kann mithin keiner

anderen Wissenschaft anheimfallen, als der vergleichenden Physiologie, also einem Zweige der Zoologie.

Hier ist nun vor Allem der Punkt, wo die Zoologie in die engste Berührung mit der speculativen Philosophie tritt. Unsere Sorge aber wird es sein müssen, dahin zu wirken, dass diese Berührung nicht zu einer feindlichen Abstossung, sondern zu einer fördernden Annäherung führe. Denn die Zoologie kann nach unserer Ueberzeugung so wenig als irgend eine andere Naturwissenschaft, der philosophischen Speculation entbehren. Sie kann eben so wenig ohne dieselbe zu dauernden Erfolgen gelangen, als die speculative Philosophie ohne die empirische Basis der Naturwissenschaft. Die höchsten Ziele und Probleme jeder gesunden Naturwissenschaft sind allgemeine Erkenntnisse philosophischer Natur. Die tiefsten Fundamente und Stützpunkte jeder gesunden Philosophie sind physiologische Gesetze empirischen Ursprungs. Nur in der innigsten gegenseitigen Durchdringung und Förderung können die empirische Naturwissenschaft und die speculative Philosophie ihr gemeinsames Ziel erreichen: Erkenntniss der natürlichen Wahrheit.

Die Naturforscher, welche stolz auf ihre absolute Empirie, ohne philosophische Gedanken-Operationen die Naturwissenschaft fördern zu können meinen, sind schuld an der entsetzlichen Verwirrung der Begriffe und Urtheile, und an den erstaunlichen Verstössen gegen die natürliche Logik, denen man überall in der zoologischen und botanischen Literatur begegnet, und die jedem Philosophen ein mitleidiges Achselzucken entlocken müssen. Die Philosophen andererseits, welche bloss durch reine Speculationen, ohne die empirisch-naturwissenschaftliche Basis, zur Erkenntniss allgemeiner Gesetze gelangen zu können glauben, bauen Luftschlösser, die der erste beste Empiriker mit Hülfe sinnlicher Erfahrungen umblasen kann.

Wie nothwendig für den wahren Fortschritt der Wissenschaft, und vor allem der Zoologie, die innigste gegenseitige Wechselwirkung zwischen der analytischen Empirie und der synthetischen Philosophie ist, zeigt Nichts mehr, als die grosse Frage, welche gegenwärtig die denkenden Köpfe in allen Erdtheilen bewegt, die Frage von der „Stellung des Menschen in der Natur“. Indem wir selbst diese Frage schon jetzt im Sinne

der Descendenz-Theorie für entschieden halten, und demgemäss eine stufenweise Entwicklung des Menschengeschlechts aus einer Reihe von niederen Wirbelthierformen annehmen, stützen wir uns auf das zustimmende Urtheil der grössten jetzt lebenden Naturforscher, von denen wir nur die berühmten Engländer: Darwin, Lyell, Huxley, Hooker, Spencer, Lewes nennen wollen, um von den uns nächststehenden deutschen Naturforschern ganz zu schweigen.

Gegenüber den einsichtigen und denkenden Männern, welche unter den zahlreichen Gegnern dieser Lehre noch entgegengesetzter Ansicht sind, können wir aber nicht umhin, hier ausdrücklich hervorzuheben, dass jedenfalls diese „Frage aller Fragen“ im eigentlichsten Sinne des Wortes eine rein zoologische ist, und dass der Kampfplatz für ihre definitive Entscheidung einzig und allein das Gebiet der wissenschaftlichen Zoologie, d. h. der empirisch-philosophischen Thierkunde ist. Denn nur der Zoolog, welcher im sicheren Besitze gründlicher morphologischer und physiologischer Kenntnisse ist, und welcher dieselben in umfassendem Sinne denkend zu verwerthen weiss, kann das ungeheure Gewicht der Beweisgründe richtig würdigen, welche die Descendenz-Theorie auch in ihrer Anwendung auf den Menschen schon jetzt unumstösslich begründen. Wenn daher speculative Philosophen ohne die unerlässlichen Kenntnisse in der Anatomie, Entwicklungsgeschichte und Physiologie diese Frage behandeln wollen, so bleiben ihre Beiträge zu deren Lösung ebenso werthlos, wie die Producte der rohen Empiriker, welche aus Mangel an philosophischem Verständniss der That-sachen-Reihen nicht zu deren Combination und speculativen Verwerthung befähigt sind. Obgleich nun leider die allermeisten von den zahllosen Abhandlungen, welche jetzt die Stellung des Menschen in der Natur entscheiden wollen, einer von den beiden letzten Kategorien angehören, so wird doch andererseits ihre definitive Bestimmung durch die Bemühungen der wahren empirisch-philosophischen Zoologie dergestalt gefördert, dass sich binnen Kurzem schon Lyell's Prophezeiung bewahrheiten dürfte: „Es wird hiermit gehen, wie immer, wenn eine neue und überraschende wissenschaftliche Wahrheit entdeckt wird: die Menschen sagen zuerst: „Es ist nicht wahr!“ alsdann: „Es

streitet gegen die Religion“, und zuletzt: „Das hat man schon lange gewusst“.

Indem ich jetzt mit dem Hinweis auf dieses höchste Problem der wissenschaftlichen Zoologie meine Darlegung von ihren Aufgaben und ihrer Bedeutung schliesse, so hoffe ich, dadurch wenigstens eine annähernde Vorstellung von der ungeheuren Entwicklungsfähigkeit und der bedeutenden Zukunft unserer jugendlichen Wissenschaft gegeben zu haben. Nachdem die Thierkunde kaum anderthalb Jahrhunderte als selbstständige Wissenschaft überhaupt existirt, und nachdem sie den grössten Theil dieser Zeit in einer kindlichen Anspruchslosigkeit verlebt hat, unbewusst der in ihr schlummernden Kräfte, und ohne Ahnung von ihren hohen Zielen, hat sie seit Beginn unseres Jahrhunderts sich auf eine höhere Entwicklungsstufe dadurch vorzubereiten begonnen, dass sie ihre einzelnen integrierenden Bestandtheile, die sich zusammenhangslos im Dienste anderer, fremder Wissenschaften entwickelt hatten, um sich zu sammeln begann. Seitdem aber vor zehn Jahren Charles Darwin das einheitliche Band knüpfte, welches alle diese weit getrennten Disciplinen zu einem mächtigen Gesamtkörper vereinigt, und seitdem er damit dem jugendlichen Riesenleibe der wiedergeborenen Zoologie neues kraftvolles Leben einhauchte, hat sich der Gesichtskreis und das Ziel unserer Wissenschaft unermesslich erweitert. Von allen Seiten lockt sie strebsame und wissensdurstige Arbeiter heran, und verspricht überall die reichste Ernte. Und selbst wenn wir alle übrigen Errungenschaften der Zoologie gering anschlagen wollten, so würde allein schon ihre unauflösliche Verbindung mit der empirisch-philosophischen Anthropologie ihr die höchste Bedeutung verleihen. Die monistische Philosophie der Zukunft wird die vergleichende Thierkunde aus diesem einzigen Grunde gar nicht mehr entbehren können; und so wird sich aus dem kleinen und verachteten Samenkorne der Zoologie ein Wissenschaftsbaum entwickeln, der in Zukunft alle übrigen Wissenschaften in seinen Schatten aufnehmen wird, und aus dessen Wurzeln sie alle mehr oder minder ihre Nahrung werden beziehen müssen.

Uebersicht über die Hauptzweige der wissenschaftlichen Zoologie.

Animale Morphologie oder Formenlehre der Thiere.

Animale Physiologie oder Leistungslehre der Thiere.

I. Anatomie. Körperbaulehre der Thiere. (Vergleichende Anatomie.)		II. Zoogenie. Entwicklungsgeschichte der Thiere.		III. Ergologie. Physiologie der Arbeits- leistungen.		IV. Perilogie. Physiologie der Beziehungen.	
1. Tectologie oder Structurlehre. — (Histologie, Organologie, Blastologie, Cormologie.)	2. Promorpho- logie oder Grund- formenlehre. — (Geometrische ideale Grundform und reale Körperform.)	3. Ontogenie. Keimes- geschichte. — (Embryologie, Metamor- phosenlehre, Lebens- geschichte.)	4. Phylogenie. Stammes- geschichte. — (Palaeon- tologie, Genealogie, Natürliche Systematik.)	5. Physiologie der vegetativen Leistungen. — (Stoffwechsel, Ernährung, Verdauung, Athmung, Kreislauf, Fortpflanzung.)	6. Physiologie der animalen Leistungen. — (Empfindung, Bewegung, Wille, Vorstellung, Seelen-Leben.)	7. Oecologie. Haushalts- lehre. — (Oekonomie, Wohnung, Beziehungen zu anderen Organismen, Parasiten.)	8. Chorologie. Verbreitungs- lehre. — (Geographie und Topo- graphie der Thiere. Wanderungen.)

Ueber die
Wellenzeugung der Lebenstheilchen
oder die
Perigenesis der Plastidule.

V o r t r a g
gehalten am 19. November 1875
in der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena.

„Nie war Natur und ihr lebend'ges Fliessen
Auf Tag und Nacht und Stunden angewiesen;
Sie bildet regelnd jegliche Gestalt,
Und selbst im Grossen ist es nicht Gewalt.“

Goethe.

Seit einem Decennium macht sich in der Naturwissenschaft mit stetig wachsender Kraft eine philosophische Bewegung geltend, deren Wellen immer weitere Kreise erregen und im Reiche der Philosophie eine entsprechende naturwissenschaftliche Strömung erzeugt haben. Je gewaltiger einerseits die Masse neuer Entdeckungen anwächst, welche der emsige Fleiss zahlreicher Beobachter auf allen Gebietstheilen der Naturwissenschaft zusammenhäuft, desto stärker empfinden alle denkenden Naturforscher das Bedürfniss, einheitliche philosophische Gesichtspunkte für deren Verständniss zu gewinnen und von der Kenntniss der Thatsachen zur Erkenntniss der Ursachen emporzusteigen. Je weniger andererseits die zahlreichen, der Empirie feindlich gegenüberstehenden Systeme der metaphysischen Speculation einen bleibenden Erfolg erringen konnten, desto mehr drängt sich den weiter blickenden Philosophen die Ueberzeugung auf, dass nur auf der sicheren Basis jener empirischen Errungenschaften ein dauerhaftes System der Erkenntniss errichtet werden kann, und dass dabei nothwendig die Kenntniss der Thatsachen der Erkenntniss ihrer Ursachen vorausgehen muss.

Unter den mancherlei Umständen, welche diese erfreuliche Annäherung der Philosophie und der Naturwissenschaft herbeigeführt und begünstigt haben, ist unstreitig am wichtigsten die Umgestaltung der Entwicklungslehre, zu welcher Charles Darwin durch sein epochemachendes Werk „über die Entstehung der Arten“ den ersten Anstoss gab. Wenn dieser grosse Naturforscher es auch vorsichtig vermied, seiner Selections-Theorie und der dadurch reformirten Descendenz-Theorie das Gewand eines philosophischen Systems zu geben und die damit verbundenen Consequenzen zu ziehen, so kann doch kein tiefer Blickender mehr zweifeln, dass der beispiellose Erfolg von

Darwin's Schriften nicht in dem ungeheuren Reichthum der zusammengestellten empirischen Thatsachen, sondern in deren geistvoller Erklärung und Verknüpfung durch das gemeinsame Band der Entwicklungs-Theorie liegt. Diese einheitliche Erklärung der verschiedenartigsten Erscheinungen ist aber eine philosophische That.

Den ersten umfassenden Versuch, die philosophischen Grundgedanken der neu erstandenen Entwicklungslehre systematisch auszubilden, und insbesondere die Wissenschaft von den organischen Formen durch die Descendenz-Theorie mechanisch zu begründen, unternahm ich vor zehn Jahren in meiner „generellen Morphologie der Organismen“. Wie verfehlt und übereilt dieser Versuch in vieler Beziehung auch war, so haben sich doch manche darin niedergelegte neue Vorstellungen inzwischen als naturgemäss und fruchtbar erwiesen. Das scheint mir namentlich von meiner Auffassung der beiden Hauptzweige der organischen Entwicklungsgeschichte und des zwischen Beiden bestehenden ursächlichen Zusammenhanges zu gelten.

Bisher hatte man unter „Entwicklungsgeschichte“ schlechtweg nur diejenige der individuellen organischen Formen verstanden, die sogenannte „Embryologie“ und die „Metamorphologie“ (oder embryonale und postembryonale Entwicklungsgeschichte), die beide unter dem Begriffe der Keimesgeschichte oder Ontogenie zusammengefasst werden können. Aber diese Ontogenie ist nur ein Hauptzweig der Biogenie oder der allumfassenden „Entwicklungsgeschichte der Organismen“.

Als zweiter Hauptzweig steht ihr gegenüber die paläontologische Entwicklungsgeschichte der organischen Arten und Stämme, der Formen-Ketten, welche im ununterbrochenen Zusammenhange ungezählter Generationen von Anbeginn des organischen Lebens auf unserm Planeten bis zur Gegenwart sich entwickelt haben. Diese Entwicklungsgeschichte der Generationsreihen, „Paläontologie und Genealogie“ umfassend, wird am besten kurz als Stammesgeschichte oder Phylogenie bezeichnet.

Keimesgeschichte und Stammesgeschichte, Ontogenie und Phylogenie, sind nach meiner Auffassung zwei Wissenschaften, welche in dem engsten und unmittelbarsten ursächlichen Zusammenhang stehen. Dass Beide sich in so verschiedenem Maasse

entwickelten, dass die ältere Keimesgeschichte früher allein als die „eigentliche Entwicklungsgeschichte“ galt, während die jüngere Stammesgeschichte erst vor zehn Jahren zu selbstständiger Geltung kam und selbst heute noch vielfach nicht anerkannt wird, das liegt einerseits an der verschiedenartigen empirischen Methode, andererseits an den ungleichen theoretischen Ansprüchen beider Disciplinen. Denn die individuelle Entwicklung der Organismen, ihre Keimesentwicklung oder Ontogenes, ist ein rascher Bildungsprocess, welcher in kürzester Zeit unter unseren Augen verläuft, und dessen äussere Erscheinungsreihe wir unmittelbar von Anfang bis zu Ende verfolgen können, meist innerhalb weniger Wochen oder Monate, selten in längerer Zeit. Schritt für Schritt, und Stufe für Stufe, können wir hier durch zusammenhängende Beobachtung die veränderliche Formenreihe erkennen, welche jedes einzelne Thier, jede einzelne Pflanze vom Ei bis zur Vollendung durchläuft. Hingegen ist die paläontologische Entwicklung der Organismen, ihre Stammesentwicklung oder Phylogenesis, ein langsamer Bildungsprocess, der ungeheuere Zeiträume erfüllt, dessen einzelne Schritte nach Jahrtausenden, dessen wahrnehmbare Wegstrecken, geologischen Formationen entsprechend, nach Hunderttausenden und Millionen von Jahren zu bemessen sind. Der Unterschied zwischen einer Secunden-Uhr, deren Zeiger seinen Kreislauf innerhalb einer Minute, und einer Jahres-Uhr, deren Zeiger den seinigen im Verlauf von 365 Tagen vollendet, ist nicht so gross, wie die Differenz zwischen dem athemlosen Geschwindschritt der Keimesgeschichte und dem kaum wahrnehmbaren Dahinschleichen der Stammesgeschichte. Was aber noch viel mehr ins Gewicht fällt, das ist die mangelhafte empirische Basis der letzteren. Die paläontologische „Schöpfungsurkunde“, welche uns unmittelbar in der Reihenfolge der Versteinerungen die Bilder-Gallerie der ausgestorbenen Vorfahren unserer heutigen Organismen aufdecken sollte, ist aus bekannten Gründen im höchsten Maasse unvollständig und lückenhaft. Sie würde uns selbst in ihren sehr wichtigen Rest-Fragmenten kaum verständlich sein, wenn wir nicht zu ihrer Ergänzung und Ausfüllung zwei andere, höchst werthvolle Urkunden besässen: Die vergleichende Anatomie und Ontogenie. Welche hohe Bedeutung hier insbesondere der „ver-

gleichenden Anatomie“ zukommt, hat vor Allen Carl Gegenbaur in seinen mustergültigen Arbeiten gezeigt. Durch die gründliche Kenntniss, die denkende Vergleichung und die kritische Benutzung dieser drei wichtigsten „Schöpfungs-Urkunden“, der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Paläontologie, wird es uns möglich, die Grundzüge der Phylogenie oder Stammesgeschichte zu erkennen.

Von der höchsten Wichtigkeit dafür ist vor Allem der unmittelbare Causal-Nexus zwischen Ontogenie und Phylogenie. Dieser bedeutungsvolle ursächliche Zusammenhang, den schon die ältere Naturphilosophie vor einem halben Jahrhundert ahnte, und den nächst Darwin vor Allen Fritz Müller betonte, lässt sich in folgendem Satze formuliren: „Die Formenreihe, welche der individuelle Organismus während seiner Entwicklung von der Eizelle an bis zu seinem ausgebildeten Zustande durchläuft, ist eine kurze gedrängte Wiederholung der langen Formenreihe, welche die thierischen Vorfahren desselben Organismus, oder die Stammformen seiner Art von den ältesten Zeiten der sogenannten organischen Schöpfung an bis auf die Gegenwart durchlaufen haben“. (Vergl. die gen. Morphol., Bd. II, S. 295—300. Jenaische Zeitschr. für Naturw. Bd. VIII, S. 5; Bd. IX, S. 409; Bd. X, Suppl., S. 77.)

Mit anderen Worten: „Die Keimesentwicklung ist ein Auszug der Stammesentwicklung; um so vollständiger, je mehr durch Vererbung die Auszugs-Entwicklung oder Palingenesis beibehalten wird; um so weniger vollständig, je mehr durch Anpassung die Fälschungs-Entwicklung oder Cenogenesis eingeführt wird.“

Wie dieses biogenetische Grundgesetz der wahre Ariadne-Faden ist, der uns durch das verschlungene Labyrinth der Stammesgeschichte leitet, das glaube ich in meiner Gastraea-Theorie an dem Beispiele der Gastrula für das ganze Thierreich gezeigt zu haben. In meiner Monographie der Kalkschwämme habe ich dasselbe für sämtliche stammverwandte Formen dieser kleinen Thiergruppe auf das genaueste im Einzelnen nachgewiesen, und in meiner Anthropogenie an dem besonderen Beispiele der Entwicklungsgeschichte des Menschen nachzuweisen versucht. Alle

Vorgänge in der Keimesgeschichte sind entweder palingenetischer oder cenogenetischer Natur.

Nachdem nun die Vererbung als die bewirkende Ursache der Palingenesis, die Anpassung als die „causa efficiens“ der Cenogenesis und Beide zusammen als die wesentlichen Factoren der Ontogenesis erwiesen waren, musste es als nächste Aufgabe erscheinen, die Vererbung und Anpassung selbst als physiologische Functionen der Organismen näher zu ergründen.

In der „generellen Morphologie“ hatte ich die Vererbung mit der Fortpflanzung, die Anpassung mit der Ernährung in unmittelbaren physiologischen Zusammenhang gebracht und damit die Möglichkeit einer mechanischen Auffassung und einer physikalisch-chemischen Erklärung auch für jene beiden wichtigsten „formbildenden Functionen“ der Organismen dargethan. Denn wenn die heutige Physiologie mit vollem Rechte dem Vitalismus und der Teleologie ihre Pforte verschliesst, wenn sie jede mystische und übernatürliche Action nach Art der „Lebenskraft“ verwirft und auf ihrem Gebiete nur physikalisch-chemische — oder in weiterem Sinne „mechanische“ — Kräfte wirken lässt, so muss sie auch für die beiden wichtigsten Lebensthätigkeiten der Formbildung, für die Vererbung und Anpassung, eine solche mechanische Erklärung suchen. Und wenn unser grosser kritischer Philosoph Immanuel Kant mit vollem Rechte an die Naturwissenschaft die Forderung stellt, überall mechanische Ursachen (*causae efficientes*) an die Stelle der zweckthätigen Ursachen (*causae finales*) zu setzen; wenn Kant ferner behauptet, dass der Mechanismus allein eine wirkliche Erklärung der Erscheinungen einschliesse, und dass es „ohne das Princip des Mechanismus in der Natur überhaupt keine Naturwissenschaft geben könne“, so werden wir auch für unsere Entwicklungsgeschichte als echte Naturwissenschaft diesen monistischen Standpunkt als den allein berechtigten anerkennen und für die physikalischen Thatsachen der organischen Entwicklung auch nur nach mechanischen Ursachen suchen dürfen.

Nun hat aber die moderne Physiologie, der eigentlich diese Aufgabe zufällt, bis heute noch nicht den Versuch gewagt, die Vererbung und Anpassung in diesem Sinne wirklich in Angriff zu nehmen und die Elementar-Vorgänge in beiden physiologischen

Functionen aufzusuchen. Einen einzigen derartigen Versuch hat bis jetzt nur Charles Darwin unternommen, als er 1868 seine „provisorische Hypothese der Pangenesis“ aufstellte. Es geschah dies im zweiten Bande des werthvollen Werkes über „das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication“ (27. Capitel). In der kürzlich erschienenen zweiten Auflage dieses Werkes (1875) hat Darwin seine Pangenesis-Hypothese noch ausführlicher und mit einigen Modificationen vorgetragen, und ich gebe hier zunächst ihren Kern mit denselben Worten, mit denen sie ihr Begründer daselbst zusammenfasst (Vol. II. p. 369). „Es wird allgemein zugegeben, dass die Zellen oder Einheiten des Körpers sich durch Selbsttheilung oder Knospung vermehren, wobei sie dieselbe Natur beibehalten; und dass sie schliesslich in die verschiedenen Gewebe und Substanzen des Körpers verwandelt werden. Aber ausser diesen Vermehrungsweisen nehme ich an, dass die Einheiten (oder Zellen) kleine Körnchen abgeben, welche durch das ganze System (des Körpers) zerstreut werden; dass diese, wenn sie mit gehöriger Nahrung versorgt werden, sich durch Selbsttheilung vervielfältigen, und schliesslich zu Einheiten (oder Zellen) entwickelt werden, gleich denen, von denen sie ursprünglich abgeleitet sind. Diese Körnchen können „Keimchen“ (oder „Gemmules“) genannt werden. Sie sammeln sich aus allen Theilen des Körpers, um die Geschlechtselemente zusammenzusetzen, und ihre Entwicklung in der nächsten Generation bildet ein neues Wesen; aber sie sind gleicherweise auch fähig, in einem schlummernden Zustande an künftige Generationen überliefert und dann erst entwickelt zu werden. Ihre Entwicklung hängt ab von ihrer Vereinigung mit anderen, theilweise entwickelten oder entstehenden Zellen, welche ihnen im regelmässigen Verlaufe des Wachstums vorausgehen. Warum ich den Ausdruck „Vereinigung“ gebrauche, wird sich zeigen, wenn wir die directe Einwirkung des Pollens auf die Gewebe der Mutterpflanzen erörtern. Es wird angenommen, dass Keimchen von jeder Einheit oder Zelle nicht bloss während ihres erwachsenen Zustandes abgegeben werden, sondern auch während jedes Entwicklungszustandes eines jeden Organismus; aber nicht nothwendig während der fortgesetzten Existenz derselben Zelle. Endlich nehme ich an, dass die Keim-

chen in ihrem schlummernden Zustande eine gegenseitige Verwandtschaft zu einander haben, welche zu ihrer Anhäufung entweder zu Knospen oder zu Sexual-Elementen führt. Daher sind es nicht die Geschlechtsorgane oder die Knospen, welche neue Organismen erzeugen, sondern die Einheiten oder Zellen, aus denen jedes Individuum zusammengesetzt ist.“

Dies ist mit kurzen Worten die „Provisorische Hypothese der Pangenesis“ von Charles Darwin. Ihre ausführliche Auseinandersetzung und Begründung, ihre Anwendung auf die verschiedenen Hapterscheinungen der organischen Entwicklung und namentlich ihre Benutzung zur Erklärung der Vererbungs- und Anpassungs-Phänomene ist in dem Original-Werke selbst nachzusehen; einem Werke, welches durch die fleissige Zusammenstellung und kritische Sichtung eines unendlich reichen Beobachtungs-Materials, wie durch die geniale Auffassung und klare Darlegung desselben uns den grossen britischen Forscher in seiner ganzen Bedeutung zeigt.

Charles Darwin selbst hat seine „Hypothese der Pangenesis“ von Anfang an als eine provisorische bezeichnet, als einen ersten Versuch, die Gesamtheit der organischen Entwicklungsprocesse auf ihre elementaren Ursachen zurückzuführen und sie so von einem einheitlichen causalen Gesichtspunkte aus zu erklären. Gleich seiner Selections-Theorie hat auch diese Pangenesis-Hypothese sofort das lebhafteste Interesse erweckt und von der einen Seite ebenso lebhaften Beifall, als von der anderen entschiedenen Widerspruch erfahren. Ich selbst habe in meinen bisherigen Arbeiten dieselbe nicht berührt und habe sowohl in der Natürlichen Schöpfungsgeschichte und in der Anthropogenie, wie in meinen übrigen Beiträgen zur Entwicklungslehre bis heute die Pangenesis absichtlich mit Stillschweigen übergangen. Ich brauche wohl nicht hinzuzufügen, dass weder Mangel an Interesse noch an Hochachtung vor dem scharfsinnigen Autor mich zu diesem Stillschweigen veranlasst hat. Vielmehr liegt der wahre Grund desselben in Folgendem: von Anfang an, und sofort nachdem ich vor acht Jahren mit der Pangenesis bekannt geworden, habe ich mich in entschiedenem inneren Widerspruche mit derselben befunden; einem Antagonismus, der um so stärker und unüberwindlicher wurde, je

mehr ich durch eingehendstes Nachdenken mich mit der Pangenesis zu befreunden und durch ihre Anwendung auf die verschiedensten Erscheinungen der Entwicklung ihre Brauchbarkeit zu erkennen suchte. Nun war ich aber stets und bin auch noch heute von viel zu hoher Verehrung für Charles Darwin, von viel zu aufrichtiger Bewunderung für seine leitenden Ideen erfüllt, als dass ich einer so umfassenden und grossartig angelegten Hypothese hätte entgegentreten und ihre Widerlegung versuchen mögen, ohne irgend etwas Anderes an ihre Stelle setzen zu können. Wenn ich nun heute diesen Versuch hier wage, so geschieht es, weil einige, vor zehn Jahren in der „Generellen Morphologie“ niedergelegte Keime sich inzwischen zu einer eigenen Hypothese entwickelt haben, welche mir mehr innere Wahrscheinlichkeit als die Pangenesis zu besitzen scheint und von der ich selbst hoffen zu dürfen glaube, dass sie sich zum Range einer genetischen Molecular-Theorie wird ausbilden lassen. Ich bezeichne diese Hypothese als die „Perigenesis der Plastidule“ oder um eine möglichst entsprechende deutsche Bezeichnung zu versuchen, als die „Wellenzeugung der Lebenstheilchen“.

Um Missverständnisse zu vermeiden und der irrigen, gegen die Kohlenstofftheorie und gegen andere meiner theoretischen Speculationen geltend gemachten Ansicht vorzubeugen, dass ich ein neues „Dogma“ in die Naturwissenschaft einführen wolle, bemerke ich zum voraus, dass ich auch diese „Perigenesis der Plastidule“ zunächst nur als eine „provisorische Hypothese“ betrachte; wenngleich ich die Hoffnung hege, dass darin die Keime zu einer umfassenden Theorie liegen, von der aus vielleicht künftig die Gesammtheit der organischen Entwicklungs-Phänomene sich streng mechanisch, aus physikalisch-chemischen Elementar-Vorgängen wird erklären lassen. Zugleich erkläre ich mit Bezug auf Charles Darwin, meinen hochverehrten Freund und Meister, dass meine Opposition sich ausschliesslich auf seine „Pangenesis“ bezieht, während ich seine übrigen theoretischen Anschauungen — insbesondere sein eigenstes Werk, die Selectionstheorie mit ihren Consequenzen — nach wie vor vollständig theile und nach Kräften vertrete. Diese Erklärung ist sicher überflüssig gegenüber Darwin selbst. Denn der

grosse britische Naturforscher, der eine neue und unendlich fruchtbare Epoche der Biologie einleitete, und dem ich selbst die grösste Anregung für meine Arbeiten verdanke, ist viel zu fest von meiner aufrichtigen Dankbarkeit und treuen Hingebung überzeugt, als dass er durch meine Bekämpfung der Pangenesis und die Gegenüberstellung der Perigenesis irgendwie daran irre gemacht werden könnte. Dagegen erscheint diese Erklärung wohl geboten durch die Taktik zahlreicher Gegner der Descendenz-Theorie, welche jede, im Lager ihrer Anhänger auftretende Meinungsdivergenz mit Freuden als Zeichen ihrer inneren Unsicherheit begrüßen. Ich hebe daher nochmals ausdrücklich hervor, dass Darwin's Selections-Theorie und die durch letztere neu begründete Descendenz-Theorie nach meiner Ueberzeugung unerschütterlich feststehen und durch die hier folgenden speculativen Erörterungen nicht im Mindesten bedroht werden. Hier handelt es sich bloss um eine Hypothese zur mechanischen Erklärung der elementarsten Entwicklungsvorgänge. Mag die Pangenesis oder mag die Perigenesis richtig sein, oder mögen beide falsch sein, die Descendenz-Theorie von Lamarck und die Selections-Theorie von Darwin werden dadurch nicht im Geringsten erschüttert.

Zur Begründung unserer Perigenesis gehen wir von derjenigen Anschauung der organischen Welt aus, welche sich unmittelbar auf die Natur ihrer erkennbaren Elementartheile stützt und welche in der herrschenden Zellen-Theorie ihren umfassendsten Ausdruck findet. Seitdem die Zellen-Theorie im Jahre 1838 hier in Jena durch den genialen Botaniker Schleiden für das Pflanzenreich begründet und im folgenden Jahre von Schwann auf das Thierreich ausgedehnt wurde, gilt dieselbe in der Botanik wie in der Zoologie, in der Morphologie wie in der Physiologie der Organismen mit vollem Rechte als die feste Basis und als der unerschütterliche Ausgangspunkt für jede elementare Untersuchung. Wie sehr auch der Begriff der „Zelle“ in den seither verflossenen 38 Jahren sich veränderte, wie grossartig auch die Zellen-Theorie im Inneren überall ausgebaut und im Aeusseren erweitert wurde, ihr Grundgedanke ist unverändert derselbe geblieben und hat sich zu immer höherer Geltung erhoben. Dieser Grundgedanke liegt darin, dass wir die

mikroskopischen Zellen als selbstständige Lebewesen, als physiologisch und morphologisch autonome Organismen anzusehen haben; Brücke hat sie deshalb passend als Elementar-Organismen bezeichnet, Virchow als Lebensheerde, Darwin als Lebenseinheiten; mit Beziehung auf die übergeordneten Stufen der organischen Individualität (Organ, Person, Stock) habe ich sie in der generellen Morphologie als „Individuen erster Ordnung“ unten an die Basis der anatomischen Individualitätslehre gestellt. Vor allen anderen Naturforschern hat Rudolf Virchow das bleibende Verdienst, in diesem Sinne die Zellenlehre nach allen Richtungen hin durchgeführt und durch seine „Cellular-Pathologie“ der neueren Medicin die feste histologische Basis gegeben zu haben; und wenn ich selbst zum elementaren Ausbau der Entwicklungslehre Einiges beitragen konnte, so danke ich es zum grossen Theile den cellular-biologischen Anschauungen, mit denen mich der Unterricht Virchow's vor zwanzig Jahren in Würzburg durchdrungen hat. Seiner Anschauung folgend betrachte ich jeden höheren Organismus als eine organisirte sociale Einheit, als einen Staat, dessen Staatsbürger die einzelnen Zellen sind. Wie in jedem civilisirten Staate die einzelnen Staatsbürger zwar bis zu einem gewissen Grade selbstständig, aber zugleich durch die Arbeitstheilung von einander abhängig und den Gesetzen des Ganzen unterworfen sind, so geniessen auch im Körper jedes höheren Thieres und jeder höheren Pflanze die zahllosen mikroskopischen Zellen zwar bis zu einem gewissen Grade ihre individuelle Selbstständigkeit, sind aber ebenso durch die Arbeitstheilung ungleichartig ausgebildet und von einander abhängig; zugleich werden sie durch die Gesetze des centralisirten Ganzen mehr oder minder beherrscht. Dieser vollkommen zutreffende und oft angewendete politische Vergleich ist kein entferntes Sinnbild, sondern beansprucht reale Geltung; die Zellen sind wirkliche Staatsbürger. Er kann auch noch weiter dahin ausgedehnt werden, dass wir den straffer centralisirten Thierkörper als eine Zellen-Monarchie, den weniger centralisirten Pflanzenorganismus als eine Zellen-Republik betrachten. Wie uns die vergleichende Staatswissenschaft in den gegenwärtig noch existirenden Staatenbildungen der Menschheit eine lange Reihe der aufsteigenden Vervollkommnung von den

rohen Horden der Wilden bis zum höchst entwickelten Culturstaate vorführt, so zeigt uns auch die vergleichende Anatomie der Thiere und Pflanzen eine lange Stufenleiter zunehmender Vervollkommnung im Zellen-Staate. Da treffen wir unten, auf der tiefsten Stufe der Association und Gemeindebildung der Zellen, die niederen Algen und Pilze, die Schwämme und Korallen, die mit ihrer geringen Arbeitstheilung und Centralisation sich nicht über den Rang roher Wildenhorden erhoben haben. Hingegen finden wir oben auf der Höhe der Entwicklung die gewaltige Zellen-Republik des Baumes, die bewunderungswürdige Zellen-Monarchie des Wirbelthieres, in welchen die mannigfaltige Ausbildung und Arbeitstheilung der constituirenden Zellen zur Entstehung der verschiedensten Organe Veranlassung gegeben hat, und in welchen die Coordination und Subordination der Stände, das Zusammenwirken für die Wohlfahrt des Ganzen, die Centralisation der Regierung, kurz mit einem Worte die „Organisation“, eine erstaunliche Höhe erreicht hat. Gewöhnlich nimmt man irrthümlich an, dieser grosse verwickelte Organismus mit seiner „zweckmässigen Einrichtung“ könne nur durch einen vorbedachten Schöpfungsplan ins Leben gerufen sein. Und doch hat sich dieser planvoll organisirte Zellenstaat im Laufe vieler Millionen Jahre ohne vorbedachten „Zweck“ ganz ebenso nothwendig durch das Zusammenwirken und die historische Ausbildung der constituirenden Zellen entwickelt, wie sich der menschliche Culturstaat im Laufe weniger Jahrtausende Schritt für Schritt durch die Wechselwirkung und die fortschreitende Arbeitstheilung der Staatsbürger entwickelt hat. Die Culturgeschichte der Menschheit erklärt uns die Organisationsgeschichte der vielzelligen Organismen.

Dieser politische Grundgedanke der Zellen-Theorie, von dem das ganze Verständniss der Biologie abhängt, wird durch die Entwicklungsgeschichte gerechtfertigt. Jeder höhere und jeder niedere vielzellige Organismus entwickelt sich ursprünglich aus einer einzigen Zelle, aus der Eizelle; und wie wir diesen einzelligen Ursprung an jedem Individuum unmittelbar beobachten können, so dürfen wir ihn für jeden organischen Stamm, für jede Gruppe von stammverwandten Arten unbedenklich annehmen. Die empirisch nachgewiesene einzellige Keimform ist

nach unserem biogenetischen Grundgesetze die Wiederholung einer entsprechenden, ausgestorbenen, unbekannten Stammform. Die Beschaffenheit solcher einzelligen Stammformen wird uns wieder vortrefflich erläutert durch die zahlreichen, heute noch lebenden einzelligen Organismen, z. B. die Amoeben, Flagellaten, Diatomeen u. s. w. Das sind wilde Einsiedler, die ihr freies, selbstständiges Leben als Einzelzelle beibehalten und sich nicht zur Association und Staatenbildung entschliessen können.

Festhaltend an diesem cellular-politischen Grundgedanken, der den eigentlichen Schwerpunkt für das Verständniss der Zellen-Theorie bildet, müssen wir nun die wichtigsten Wandlungen kurz berühren, welche die letztere in neuester Zeit erlitten hat. Als folgenschwerster Fortschritt ist da zunächst die Protoplasma-Theorie zu erwähnen, welche zuerst von Ferdinand Cohn 1850 aufgestellt, dann von Max Schultze 1861 weiter ausgebildet wurde und in England eine ähnliche Formulierung durch Lionel Beale 1862 erfuhr. Ausgehend von der Aehnlichkeit, welche unter dem Mikroskope die Structur des gewöhnlichen Pflanzengewebes auf dem Durchschnitte mit einer Bienenwabe zeigt, hatte man die selbstständigen aber dicht an einander liegenden Elementartheile des ersteren mit den Honigzellen der letzteren verglichen und danach eben „Zellen“ genannt. Hier wie dort schien die „Zelle“ ein geschlossenes, mit Flüssigkeit erfülltes Säckchen oder Bläschen zu sein. Bald aber zeigte es sich, dass bei sehr vielen Zellen eine äussere, feste, umschliessende Hülle, eine eigentliche Zellmembran, ganz fehlt, und dass die Zelle wesentlich nur aus dem weichen, nicht flüssigen, sondern festflüssigen „Zelleninhalte“, richtiger der eigentlichen „Zellsubstanz“ besteht. Diese Zellsubstanz wird bald ausschliesslich, bald zu ihrem wichtigsten Theile aus einem eiweissartigen Stoffe gebildet, welchen zuerst Hugo Mohl erkannte und als Protoplasma, als „das zuerst Gebildete“ bezeichnete. Das Protoplasma oder die eigentliche „Zellsubstanz“ im engeren Sinne ist überall eine stickstoffhaltige Kohlenstoff-Verbindung von sehr verwickelter chemischer Zusammensetzung; sie befindet sich an der lebenden Zelle stets in einem weichen, festflüssigen Dichtigkeits- oder Aggregat-Zustande; was aber das Wichtigste ist, sie erscheint als der eigentliche Träger der Lebens-Erschei-

nungen, als der active Factor des Zellenlebens: das Protoplasma vollzieht die Functionen der Ernährung und Fortpflanzung, der Empfindung und Bewegung; das Protoplasma ist die eigentliche „Lebens-Substanz“, oder wie Huxley sagt: „die physikalische Basis des Lebens“.

Während so das Protoplasma oder „die lebendige Zellschubstanz“ in den Vordergrund der Zellen-Theorie trat, wurden durch diese primäre, active Lebens-Substanz bald alle anderen, noch im entwickelten Organismus befindlichen Gewebes-Elemente — insbesondere die Zellmembranen und die Intercellular-Substanzen — als secundäre accessorische Bestandtheile, als passive „Protoplasma-Producte“ in den Hintergrund gedrängt. Nur ein einziger weiterer Bestandtheil machte davon eine wichtige Ausnahme, der schon von Schleiden und Schwann hervorgehobene Zellkern (Nucleus oder Cytoblastus): ein kleinerer, vom Protoplasma umschlossener Körper, welcher diesem in chemischer und physiologischer Beziehung zwar sehr nahe verwandt, aber doch wesentlich davon verschieden und morphologisch gesondert ist. Früher nur für einen unwesentlichen und oft fehlenden Zellbestandtheil gehalten, stellte sich der Zellkern immer mehr als ein allgemein verbreiteter und höchst wichtiger Zellbestandtheil heraus. Zuletzt ergab sich, dass jede echte Zelle entweder zeitlebens oder doch wenigstens in ihrer frühesten Jugend einen echten Zellkern besitzt und dass dieser mindestens für gewisse Vorgänge des Zellenlebens, insbesondere für die Zelltheilung, eine ebenso grosse oder grössere Bedeutung als das Protoplasma besitzt. Insbesondere haben uns die ausgezeichnet sorgfältigen Untersuchungen der neuesten Zeit von Eduard Strasburger, Oscar Hertwig, Leopold Auerbach, Otto Bütschli u. A. darüber die wichtigsten Aufschlüsse gegeben. Ist auch im Einzelnen die wichtige Rolle des Zellkerns noch nicht ganz festgestellt, so bleibt jetzt doch so viel sicher, dass der Zellkern mit und neben dem Protoplasma als wichtigster lebendiger Zellbestandtheil im Vordergrund des Zellenlebens steht. Es war daher vollkommen gerechtfertigt, wenn ich in der generellen Morphologie Nucleus und Protoplasma als die beiden wesentlichen, zum Begriff der Zelle unentbehrlichen Bestandtheile derselben bezeichnete, und sie als active Zellbe-

standtheile den passiven „Plasma - Producten“ gegenüberstellte.

Ein weiterer Fortschritt in unserer Erkenntniss der Elementar-Organe wurde durch die Entdeckung der Moneren herbeigeführt. Im Jahre 1864 beobachtete ich im Mittelmeer bei Nizza zum ersten Male einen einfachsten Organismus, dessen ganzer Körper nicht bloss während seiner Entwicklung, sondern auch in vollkommen entwickeltem und frei beweglichem Zustande aus einem homogenen und structurlosen Stückchen Protoplasma ohne Kern und ohne alle differenten Formtheile bestand. Dieser „*Protogenes primordialis*“ führte also zum ersten Male den Beweis, dass es noch einfachere Organismen, als die einzelligen giebt; Lebewesen, deren Körper noch nicht einmal den Formwerth einer einfachsten Zelle erreicht, sondern in sich so gleichartig und homogen erscheint, wie ein Krystall. Schon im folgenden Jahre (1865) wurden zwei ähnliche Organismen von Cienkowski im Süßwasser entdeckt und als *Vampyrella* und *Monas* (richtiger: *Protomonas*) beschrieben. Ich fasste darauf in der generellen Morphologie (Bd. I, S. 133; Bd. II, S. 22) diese niedersten Lebewesen, bei denen uns der lebendige Organismus „nicht nur unter der einfachsten wirklich beobachteten Form, sondern auch unter der einfachsten überhaupt denkbaren Form entgegentritt,“ unter dem Namen Moneren (oder „Einfache“) zusammen und wies auf die hohe Bedeutung hin, welche denselben gegenüber allen anderen Organismen zukommt. Alle anderen Lebewesen, alle Thiere und Pflanzen, und auch alle neutralen Protisten sind aus verschiedenartigen Bestandtheilen zusammengesetzt; selbst die einfachsten von ihnen, die einzelligen Formen, bestehen mindestens aus zwei verschiedenen Theilen, aus dem Protoplasma und dem davon umschlossenen Zellkern. Einzig und allein die Moneren entbehren einer solchen Zusammensetzung vollständig; ihr protoplasmatischer Körper, ein einfachstes lebendiges Schleimkügelchen, hat es noch nicht einmal zur Bildung eines Nucleus gebracht; sie sind in Wahrheit „Organismen ohne Organe“. Alle Functionen des Lebens, Ernährung und Fortpflanzung, Empfindung und Bewegung, werden von diesen Moneren ausgeführt, ohne dass irgend welche verschiedenen Theile für diese verschiedenen Thätigkeiten gesondert

sind. Jedes Theilchen kann Alles leisten, was das Ganze leistet. Mithin ist hier, wie beim Krystall, jedes kleinste Theilchen der homogenen chemischen Verbindung, jedes Molekül in physiologischer oder physikalisch-chemischer Beziehung gleich dem ganzen Körper. Daher stehen auch die Moneren auf der Grenze zwischen organischer und anorganischer, zwischen sogenannter „lebendiger und todter Natur“. Daher können sie allein uns auch eine Vorstellung davon geben, wie ursprünglich die erstere aus der letzteren entstanden ist, sie allein können uns das grosse Problem der Entstehung des Lebens lösen. Nur Moneren konnten ursprünglich durch Selbstzeugung oder Autogonie aus anorganischer Materie entstehen (Gen. Morph. V. Capitel).

Die ausserordentlich hohe morphologische und physiologische Bedeutung, welche demgemäss den Moneren zukommt und welche ich schon 1866 in der generellen Morphologie hervorgehoben hatte, führte ich dann weiter aus in meiner Monographie der Moneren und den daran sich anschliessenden Beiträgen zur Plastiden-Theorie (1868). Besondere Veranlassung dazu gaben mir weitere Beobachtungen über einige neue Moneren, welche ich 1867 an der Küste der canarischen Insel Lancerote und an der Strasse von Gibraltar anzustellen Gelegenheit hatte. Auch einige Süsswasser-Moneren, welche in der Nähe von Jena leben, und welche später u. A. von Kleinenberg untersucht wurden, lieferten weitere Beiträge zur Naturgeschichte dieser einfachsten Organismen. Als merkwürdigstes und wichtigstes von Allen trat dann die Moneren-Masse des Tiefseegrundes hinzu, welche Huxley 1868 unter dem Namen *Bathybius* beschrieb und welche neuerdings wieder (1874) von Bessels auf dem Tiefseegrunde des Nordpolar-Meeres, an der Küste von Grönland, lebend beobachtet und mit Bezug auf seine rhizopodenartigen Bewegungen untersucht wurde. Bei den früher beobachteten Moneren erscheint die gleichartige und formlose Protoplasma-Substanz des Körpers meistens in der Weise individualisirt, dass die einzelnen Klumpen derselben ein bestimmtes Grössenmaass durch Wachsthum erreichen, und erst, wenn dieses überschritten wird, durch Theilung in zwei oder mehrere Stücke zerfallen. Beim *Bathybius* hingegen ist noch nicht einmal dieser erste Anfang der Individuation zu bemerken; sein weicher formloser

Protoplasma-Leib, der in ungeheuren Massen die tiefsten Abgründe des Meeres bedeckt, erscheint noch nicht individualisirt; die einzelnen Stücke scheinen keine bestimmte Grösse zu erreichen und je nach Umständen sich zu vermehren, d. h. sie zerfallen in beliebige Stücke, je nachdem das Wachsthum an dieser oder an jener Anpassungs-Bedingung eine Grenze gefunden hat. (Vergl. „Kosmos“, Bd. I, 1877: „Bathybius und die Moneren“.)

Schon in der generellen Morphologie hatte ich darauf hingewiesen, dass die Moneren (und ebenso auch die sogenannten „kernlosen Zellen“, die anderweitig vorkommen und auf die wir gleich zurückkommen werden) in die Grenzen der bisherigen Zellen-Theorie nicht mehr hineinpassen und dass diese nothwendig einer entsprechenden Erweiterung bedürfe. Denn wenn man den Begriff der „Zelle“ auch noch so sehr beschränken und aller accessorischen Nebendinge, aller unwesentlichen Accidenzen entkleiden will, so bleibt doch zuletzt immer noch die Zusammensetzung aus zweierlei Theilen von verschiedener morphologischer und physiologischer Bedeutung übrig: äussere Zellsubstanz und innerer Zellkern. Die Moneren aber kennen diese Differenz, diese erste Sonderung des Elementar-Organismus noch nicht. Ihr Körper ist also eigentlich weder echtes Protoplasma, noch echter Nucleus; vielmehr ist seine homogene Masse eine eiweissartige Substanz, welche Beider Eigenschaften in sich vereinigt, sie ist gleichzeitig Zellsubstanz und Zellkern; daher wird sie am zweckmässigsten als Lebensstoff oder Bildungsstoff, als Plasson oder Bioplasson bezeichnet. Alle sogenannten „kernlosen Zellen“ aber, alle Elementar-Organismen, deren activer Körper gleich dem der Moneren blos aus Plasson besteht, müssen wir von den echten, kernhaltigen Zellen trennen und diesen als Cytoden gegenübersetzen.

Solche Cytoden kommen auch im Entwicklungskreise anderer Organismen vor. So hat namentlich Eduard van Beneden zuerst gezeigt, dass die Keime der einzelligen Gregarinen in ihrer ersten Jugend ganz einfache Cytoden sind. Die Keimkügelchen derselben bestehen bloss aus homogenem Plasson und erst nachträglich erfolgt die Sonderung oder Differenzirung, durch welche der innere Zellkern sich vom äusseren Zellstoff scheidet. Das „Bildende“ (Plasson) sondert oder differenzirt sich in das „Erst-

gebilde“ (Protoplasma) und das „Kerngebilde (Cytoblastus). Weit wichtiger und interessanter aber noch ist die bedeutungsvolle Thatsache, dass auch jeder höhere Organismus im Beginne seiner individuellen Entwicklung vorübergehend auf der Cyto-den-Stufe sich befindet. Entweder schon vor der Befruchtung oder unmittelbar nach derselben verliert die weibliche Eizelle ihren Kern. Der Befruchtungsact selbst besteht in der Verschmelzung dieser „kernlosen Eizelle“ mit der männlichen Spermazelle oder Samenzelle. Auch der Kern der letzteren löst sich in der Mischung ganz oder doch grösstentheils auf. Das Product dieser Verschmelzung ist aber zunächst nicht eine echte Zelle, sondern eine Cytode. Da diese kernlose Cytode, mit der eigentlich erst der erzeugte Organismus seine individuelle Existenz beginnt, nach dem biogenetischen Grundgesetze eine durch Vererbung bedingte Wiederholung der uralten Moneren-Stammform ist, so habe ich diese entsprechende Keimform als „Monerula“ bezeichnet. Erst nachträglich sondert sich das Plasson dieser Monerula wieder in zwei verschiedene Substanzen; ein Theil der inneren Moleküle gestaltet sich zum Zellkern (Nucleus) und sondert sich von der umgebenden Zellsubstanz (Protoplasma); so entsteht aus der ersten Cytode die erste Zelle. Offenbar sind sowohl die Lebenserscheinungen jener selbstständigen Moneren als auch diese ersten histologischen Sonderungsvorgänge bei der individuellen Entwicklung der höheren Organismen von fundamentaler Bedeutung. Ebenso die Physiologie wie die Morphologie, ebenso die Phylogenie wie die Ontogenie können daraus die wichtigsten Schlüsse ziehen. Denn sie zeigen uns erstens, wie das Leben anfänglich mit der Bildung einer homogenen, form- und structurlosen Masse beginnt, die in sich so gleichartig ist, wie ein Krystall; sie erläutern uns zweitens, wie eine solche Cytode trotz des Mangels aller Organe doch sämtliche „Lebens-Erscheinungen“: Ernährung und Fortpflanzung, Empfindung und Bewegung zu vollziehen im Stande ist; sie liefern uns damit drittens den klaren Beweis, dass das „Leben“ auch im engeren Sinne nicht an einen bestimmt geformten und morphologisch gesonderten Körper mit verschiedenen Organen, sondern an eine formlose Substanz von bestimmter physikalischer Beschaffenheit und chemischer Zusammensetzung gebunden ist;

und sie lehren uns viertens, wie eine solche, bloss aus Plasson bestehende Cytode sich durch Sonderung von Kern und Protoplasma in eine echte „Zelle“ verwandeln kann.

Für die Zellen-Theorie ergiebt sich daraus zunächst der wichtige Folgeschluss, dass die „Zelle“ nicht, wie man gewöhnlich annahm, der einfachste, älteste und niederste Elementar-Organismus ist, sondern dass der echten, kernhaltigen „Zelle“ die niedere, kernlose „Cytode“ vorausgehen muss. Cytoden und Zellen sind die beiden Hauptformen der „Elementar-Organismen“ oder „Lebenseinheiten“. Mit der Cytode, bloss aus Plasson bestehend, hat das organische Leben auf unserem Erdball begonnen; indem sich aus diesem später Protoplasma und Nucleus sonderte, entstand die Zelle. Die Cytode ist die erste und niedere, die Zelle die zweite und höhere Form der Lebens-Einheit. Beide zusammen habe ich in der generellen Morphologie kurz als Bildnerinnen oder Plastiden bezeichnet; denn sie allein sind in Wahrheit die plastischen Künstlerinnen, welche durch ihre Thätigkeit das ganze wundervolle Gebäude des organischen Lebens errichten. Alle organischen Formen verdanken allein der bildenden Thätigkeit der mikroskopischen Plastiden ihre Existenz. So erweitert sich die Zellen-Theorie zur Plastiden-Theorie. (Vergleiche meine biologischen „Studien über Moneren und andere Protisten“. 1870.)

Wenn demnach jetzt der weitere Begriff der Plastide an die Stelle des engeren Zellenbegriffes tritt, und wenn somit das ganze geheimnissvolle Problem des „Lebens“ auf die elementare chemische Thätigkeit des Plasson zurückgeführt wird, so muss unsere nächste Aufgabe sein, eine möglichst erschöpfende Kenntniss von der Natur dieses wichtigsten „Lebensstoffes“, dieser wahren „physikalischen Lebens-Grundlage“ zu erlangen. Zunächst erscheint hier die Chemie berufen, uns Aufschlüsse über die quantitative Zusammensetzung und die qualitativen chemischen Eigenschaften des Plasson zu geben. Leider steht aber unsere chemische Kenntniss des Plasson in umgekehrtem Verhältniss zu seiner ausserordentlichen Bedeutung. Nicht, dass es an zahlreichen und emsigen Versuchen gefehlt hätte, die räthselhaft chemische Constitution der zahlreichen Modificationen des Plasson, des Protoplasma und des

Nucleus zu entschleiern. Aber die Schwierigkeiten, die sich diesen Versuchen entgegenstellen, sind ganz ungewöhnliche und zum Theil unüberwindliche. Zunächst ist es schon unmöglich, irgend ansehnliche Quantitäten von Plasson in chemisch reinem Zustande zu isoliren und zu untersuchen, weil sowohl das einfache Plasson der Cytoden, als das Protoplasma und der Nucleus der Zellen mit anderen, von ihnen gebildeten Substanzen zu innig gemengt und in einzelnen kleinen Quantitäten überall zwischen die anderen Gewebstheile (z. B. Zell-Membranen, Intercellularsubstanzen) eingestreut und verwebt sind. Sodann sind aber auch die sämmtlichen Plasson-Modificationen in noch höherem Maasse, als die nächstverwandten übrigen Eiweisskörper, zersetzlich und veränderlich. Und was vor Allem in Betracht zu ziehen ist, die Modificationen und Varietäten der Plasson-Körper sind zwar unendlich zahlreich und mannigfaltig, schwanken aber doch innerhalb verhältnissmässig geringer Breiteregrade in Bezug auf die quantitative Zusammensetzung. Die groben und rohen Erkenntnissmittel der heutigen Chemie sind der Lösung einer so feinen und schwierigen Aufgabe nicht entfernt gewachsen. Jene grenzenlose Variabilität aber, in Verbindung mit ihrer leichten Zersetzbarkeit und mit der Beweglichkeit der Atome in den Plasson-Molekülen, ist von der grössten Bedeutung für die Entwicklungslehre. Denn sie erklärt uns, wie das Plasson durch die unendlich mannigfaltigen physikalisch-chemischen Einwirkungen der Aussenwelt, die bei der Ernährung stattfinden, unendlich mannigfaltige leichte Abänderungen erleiden und demgemäss die verschiedensten organischen Formen hervorbringen kann.

Vom physiologisch-chemischen Gesichtspunkte aus ist es daher gestattet, die sämmtlichen Plasson-Körper als eine einzige grosse Gruppe nächstverwandter Verbindungen anzusehen und als Plasson-Gruppe zusammenzufassen. In dieser würden vielleicht zu unterscheiden sein: 1. das Archiplasson als die älteste, unmittelbar durch Autogonie ursprünglich entstandene „Lebenssubstanz“; 2. das Monoplasson als die Körpersubstanz der heute noch lebenden Cytoden, die wahrscheinlich von jenem Archiplasson mehr oder minder abweicht; 3. das Protoplasma oder die eigentliche „Zellsubstanz“ und 4. das Nuclein oder

Coccoplasma, die Kernsubstanz, wie man die gesammte, chemisch-differente, stoffliche Grundlage des Zellkerns oder Nucleus nennen kann. Obwohl unter sich nächst verwandt und durch die innigsten Beziehungen verbunden, erscheinen dennoch Protoplasma und Coccoplasma wesentlich verschieden und besitzen charakteristische, zum Theil entgegengesetzte Eigenschaften, welche in dem Archiplasson und Monoplasson noch nicht gesondert sind.

Alles Wesentliche nun, was wir bisher von der Plasson-Gruppe wissen, lässt sich in folgenden Sätzen zusammenfassen. Die Plasson-Gruppe bildet einen Theil der grösseren Gruppe der Eiweissstoffe (Protein-Körper oder Albuminate). Gleich den übrigen Eiweiss-Körpern sind auch die Plasson-Körper durch ausserordentlich verwickelte atomistische Zusammensetzung ausgezeichnet. Immer sind mindestens fünf Elemente in jedem Molekül vereinigt und zwar durchschnittlich in folgender procentischer Zusammensetzung: 52—55 Procent Kohlenstoff, 6—7 Procent Wasserstoff, 15—17 Procent Stickstoff, 21—23 Procent Sauerstoff und 1—2 Procent Schwefel. Die Art und Weise, in welcher die Atome dieser Elemente in jedem Plasson-Molekül zur Bildung einer chemischen Einheit zusammentreten, ist offenbar eine höchst verwickelte und eigenthümliche, und steht in directem Causal-Zusammenhang mit den Lebenseigenschaften dieser wichtigsten Verbindung. Denn die Summe von physikalischen und chemischen Processen, welche wir mit einem Worte „Leben“ nennen, ist offenbar in letzter Instanz durch die Molecular-Structur des Plasson bedingt, und diese ist wiederum nach unserer Kohlenstoff-Theorie zurückzuführen auf die einzigen und höchst merkwürdigen Fähigkeiten des Kohlenstoffs, mit den anderen genannten Elementen die verwickeltsten und zersetzlichsten Verbindungen einzugehen. Mit vollem Rechte hat die neuere Chemie die gesammte Lehre von den sogenannten „organischen“ Stoffen oder die früher sogenannte „organische Chemie“ prägnant als „die Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen“ bezeichnet. Mit demselben Rechte aber betrachte ich die chemische und physikalische Natur des Kohlenstoffs als die letzte Ursache der Eigenthümlichkeiten, durch welche sich die Organismen von den Anorganen unterscheiden, oder

mit einem Worte als den letzten Grund des „Lebens“. Wenn man diese „Kohlenstoff-Theorie“ als ein willkürliches und phantastisches Dogma verwirft, so leugnet man damit den Causal-Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution des Plasson und den physikalischen Vorgängen, die wir mit einem Worte als dessen „Lebensthätigkeit“ bezeichnen.

Unter den physikalischen Eigenschaften des Plasson ist vor allen sein starkes Quellungs-Vermögen oder die Imbibitions-kraft hervorzuheben, die Fähigkeit, Wasser in wechselnder und oft höchst beträchtlicher Quantität aufzunehmen und gleichmässig zwischen seinen Molekülen zu vertheilen. Daraus resultirt der eigenthümliche, weiche Dichtigkeitszustand aller lebenden Gewebe, den wir als den festflüssigen Aggregatzustand bezeichnen. Er erscheint als eine nothwendige Vorbedingung aller der verwickelten Molekularbewegungen, als deren Gesamteresultat das „Leben“ sich darstellt. Die Leichtigkeit, mit welcher das Plasson unter verschiedenen äusseren Existenz-Bedingungen Wasser und wässrige Lösungen aufnimmt und abgibt, ist dabei von besonderer Bedeutung, und nicht minder die ausserordentliche Neigung der meisten Plasson-Arten, sich mit anderen Kohlenstoffverbindungen (z. B. mit Fetten) sowie mit Salzen zu vermengen. Offenbar beweisen diese und viele andere Eigenthümlichkeiten der Plasson-Gruppe, dass wir es hier mit Kohlenstoffverbindungen zu thun haben, deren Moleküle sich durch eine ganz ungewöhnliche Beweglichkeit und Unbeständigkeit, Zersetzbarkeit und vielseitige Wahlverwandtschaft vor allen anderen auszeichnen. Diese „Plasson-Moleküle“ sind es ja überhaupt, welche sich bei jeder tieferen Untersuchung jener elementaren Verhältnisse in den Vordergrund drängen und welche wir auch bei unserer Perigenesis als die eigentlichen activen Elementar-Factoren auf das Genaueste in's Auge zu fassen haben.

Die Plasson-Moleküle oder die Plastidule, wie wir sie mit Elsberg kurz bezeichnen wollen, besitzen zunächst alle die Eigenschaften, welche die Physik den hypothetischen Molekülen oder den „zusammengesetzten Atomen“ überhaupt zuschreibt. Mithin ist ein jedes Plastidul nicht weiter in kleinere Plastidule zerlegbar, sondern kann nur noch in seine constituirenden Atome zerlegt werden, und zwar in Atome jener fünf

vorher genannten Elemente. Die Plastidule sind wahrscheinlich stets von Wasserhüllen umgeben und die grössere oder geringere relative Dicke dieser Wasserhüllen, die zugleich die benachbarten Plastidule scheiden und verbinden, bedingt den weichen oder festeren Zustand des gequollenen Plasson. Wahrscheinlich sind die Plastidule so klein, dass das kleinste Plasson-Stück, welches wir noch mit Hülfe unserer schärfsten Mikroskope erkennen können, ungeheure Mengen von Plastidulen enthält. Was vom ursprünglichen einfachen Plasson oder „Archiplasson“, das gilt natürlich auch im Allgemeinen von dem Protoplasma und dem Coccoplasma, welche durch Sonderung aus ersterem entstanden sind. Man kann der Kürze halber die Protoplasma-Moleküle als „Plasmodule“ und die Nucleus-Moleküle als „Coccodule“ bezeichnen. Dieselben physikalischen Eigenschaften und physiologischen Functionen, welche im homogenen Plasson der Cytoden die gleichartigen Plastidule zeigen, dieselben finden wir in den Zellen auf die Plasmodule und die Coccodule vertheilt. Die Plasmodule und Coccodule sind ja erst durch Sonderung oder Differenzirung aus den Plastidulen entstanden.

Ausser den allgemeinen physikalischen Eigenschaften, welche die heutige Physik und Chemie den Molekülen der Materie im Allgemeinen zuschreibt, besitzen nun die Plastidule noch besondere Attribute, welche ihnen ausschliesslich eigenthümlich sind, und das sind, ganz allgemein gesagt, die Lebens-Eigenschaften, durch welche sich überhaupt das Lebendige vom Todten, das Organische vom Anorganischen in der hergebrachten Anschauung unterscheidet. Jede genauere und tiefer gehende Vergleichung der Organismen und der Anorgane, die sich auf die breite empirische Basis der neuerdings ermittelten Thatsachen stützt, vor Allem die unbefangene Vergleichung der Moneren und der Krystalle, lehrt uns nun aber, dass die Kluft zwischen diesen beiden Hauptgruppen von Naturkörpern viel geringer ist, als man gewöhnlich annimmt. Ich kann in dieser Beziehung auf die ausführliche Vergleichung der Organismen und Anorgane verweisen, welche ich im fünften Capitel der generellen Morphologie gegeben habe (Bd. I, S. 111—166). Viele Eigenschaften, welche die hergebrachte oberflächliche Naturauffassung nur den Organismen zuschreibt,

kommen eben so gut auch den Anorganen zu und sind in der That Gemeingut aller Naturkörper — oder um uns genauer auszudrücken: Gemeingut aller Atome, aller der kleinsten discreten Körpertheilchen, welche die neuere Chemie einstimmig als die letzten Bestandtheile aller Körper betrachtet.

Gleichviel, wie im Einzelnen auch die Ansichten der Chemiker und Physiker über die Natur der Atome und des zwischen den Massen-Atomen befindlichen Aethers auseinander gehen, gewisse elementare Ansichten über ihre nothwendige Beschaffenheit haben heute allgemeine Geltung erlangt. Wir müssen darnach annehmen, dass die Atome kleinste discrete Massen-Theilchen von unveränderlicher Beschaffenheit und durch den hypothetischen Aether von einander getrennt sind. Jedes Atom besitzt eine inhärente Summe von Kraft und ist in diesem Sinne „beseelt“. Ohne die Annahme einer „Atom-Seele“ sind die gewöhnlichsten und allgemeinsten Erscheinungen der Chemie unerklärlich. Lust und Unlust, Begierde und Abneigung, Anziehung und Abstossung müssen allen Massen-Atomen gemeinsam sein; denn die Bewegungen der Atome, die bei Bildung und Auflösung einer jeden chemischen Verbindung stattfinden müssen, sind nur erklärbar, wenn wir ihnen Empfindung und Willen beilegen. Worauf anders beruht denn im Grunde die allgemein angenommene chemische Lehre von der Wahlverwandtschaft der Körper, als auf der unbewussten Voraussetzung, dass in der That die sich anziehenden und abstossenden Atome von bestimmten Neigungen beseelt sind, und dass sie, diesen Empfindungen oder Trieben folgend, auch den Willen und die Fähigkeit besitzen, sich zu einander hin und von einander fort zu bewegen? Was Goethe in seinen „Wahlverwandtschaften“ über diese Verhältnisse sagt und von dem elementaren Seelenleben der Atome auf das höchst zusammengesetzte Seelenleben des Menschen überträgt, das besitzt volle Wahrheit; und wenn in diesem classischen Roman die „Wahlverwandtschaft“ als die eigentliche Triebfeder der menschlichen Handlungen und der aus ihnen zusammengesetzten „Weltgeschichte“ hingestellt wird, so ist damit von dem grossen Denker und Dichter in tiefsinnigster Weise die mechanische Natur auch der verwickeltsten organischen Processe treffend angedeutet.

Wenn der „Wille“ des Menschen und der höheren Thiere frei erscheint, im Gegensatz zu dem „festen“ Willen der Atome, so ist das eine Täuschung, hervorgerufen durch die höchst verwickelte Willensbewegung der ersteren im Gegensatze zu der höchst einfachen Willensbewegung der letzteren. Die Atome wollen überall und jederzeit Dasselbe, weil ihre Neigung dem Atom jedes anderen Elementes gegenüber eine constante und unabänderlich bestimmte ist; jede ihrer Bewegungen ist daher determinirt. Hingegen erscheint die Neigung und willkürliche Bewegung der höheren Organismen frei und unabhängig, weil in dem unaufhörlichen Stoffwechsel derselben die Atome beständig ihre gegenseitige Lage und Verbindungsweise verändern, und daher das Gesamtergebnis aus den zahllosen Willensbewegungen der constituirenden Atome ein höchst zusammengesetztes und unaufhörlich wechselndes ist. Daher sind wir „ein Spiel von jedem Druck der Luft“.

Indem wir so von dem mechanischen Standpunkte des Monismus aus alle Materie als beseelt, jedes Massen-Atom mit einer constanten und ewigen Atom-Seele ausgerüstet uns vorstellen, fürchten wir nicht den Vorwurf des Materialismus auf uns zu laden. Denn dieser unser monistische Standpunkt ist ebenso weit von einseitigem Materialismus, wie von leerem Spiritualismus entfernt. Ja wir können in ihm allein die Versöhnung der rohen atomistischen und der inhaltsleeren dynamischen Weltanschauung finden, die sich bisher so heftig bekämpft haben und die in ihrer Einseitigkeit Beide dualistisch sind. Wie die Masse des Atoms unzerstörbar und unveränderlich, so ist auch die damit untrennbar verbundene Atom-Seele ewig und unsterblich. Vergänglich und sterblich sind nur die zahllosen und ewig wechselnden Verbindungen der Atome, die unendlich mannigfaltigen Modalitäten, in denen sich die Atome zur Bildung von Molekülen, die Moleküle zur Bildung von Krystallen und Plastiden, die Plastiden zur Bildung von Organismen vereinigen. Diese monistische Auffassung der Atome allein ist in Einklang mit den grossen Gesetzen von der „Erhaltung der Kraft“ und von der „Erhaltung des Stoffes“, welche die Naturphilosophie der Gegenwart mit Recht als ihre unveräusserlichen Fundamente betrachtet.

Wenn wir demnach alle Materie als beseelt, jedes Atom mit Empfindung und Willen begabt uns vorstellen, so können wir diese beiden Eigenschaften nicht mehr, wie es gewöhnlich geschieht, als ausschliessliche Vorzüge der Organismen betrachten. Wir müssen also nach anderen Eigenschaften suchen, welche die Organismen von den Anorganen, die Plastidule von den übrigen Molekülen unterscheiden und welche das Wesen des „Lebens“ im engeren Sinne bilden. Als wichtigste dieser Eigenschaften erscheint uns die Fähigkeit der Reproduction oder des Gedächtnisses, welche bei jedem Entwicklungs-Vorgang und namentlich bei der Fortpflanzung der Organismen wirksam ist. Alle Plastidule besitzen Gedächtniss; diese Fähigkeit fehlt allen anderen Molekülen.

In einer ausgezeichneten, ebenso tief durchdachten als klar geschriebenen Abhandlung „über das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organisirten Materie“ hat 1870 Ewald Hering dieses wichtige Verhältniss so vortrefflich erörtert, dass wir hier auf eine eingehende Begründung desselben verzichten und uns einfach auf jene Abhandlung beziehen können. In der That überzeugt uns jedes tiefere Nachdenken, dass ohne die Annahme eines unbewussten Gedächtnisses der lebenden Materie die wichtigsten Lebensfunctionen überhaupt unerklärbar sind. Das Vermögen der Vorstellung und Begriffsbildung, des Denkens und Bewusstseins, der Uebung und Gewöhnung, der Ernährung und Fortpflanzung beruht auf der Function des unbewussten Gedächtnisses, dessen Thätigkeit unendlich viel bedeutungsvoller ist, als diejenige des bewussten Gedächtnisses. Mit Recht sagt Hering, „dass es das Gedächtniss ist, dem wir fast Alles verdanken, was wir sind und haben“.

Nur in einem Punkte müssen wir von der Darstellung Hering's abweichen oder vielmehr dieselbe schärfer begrenzen. Wir dürfen das Gedächtniss nicht als eine allgemeine Function aller organisirten Materie bezeichnen, sondern nur der wirklich lebenden, des Plasson. Alle Plasson-Producte, alle vom Protoplasma und vom Nucleus gebildeten, selbst aber nicht activ thätigen, organisirten Theile des Organismus entbehren des Gedächtnisses, eben so wie alle anorganischen Materien. Genau genommen ist also, unserer Plastiden-Theorie entsprechend,

nur die Gruppe der Plasson-Körper mit Gedächtniss begabt: nur die Plastidule sind reproductiv, und dieses unbewusste Gedächtniss der Plastidule bedingt die charakteristische Molecularbewegung derselben.

Die Unterschiede, welche das Gedächtniss oder die Reproductionskraft der Plastidule zwischen Organismen und Anorganen bedingt, äussern sich zunächst in der verschiedenen Art ihres Wachstums und diese ist offenbar durch ihren differenten Aggregatzustand bedingt. Die Anorgane wachsen durch Apposition oder durch äussere Anlagerung der Moleküle, hingegen die Organismen durch Intussusception oder durch innere Einlagerung der Moleküle. Die vollkommenste anorganische Individualität, der Krystall, wächst, indem sich Theilchen an Theilchen äusserlich an den festen, schon bestehenden Krystallkörper ansetzt. Die unvollkommenste organische Individualität, das Moner, wächst, indem Theilchen für Theilchen von aussen in das Innere hineindringt und von dem festflüssigen Plassonkörper „assimilirt“ wird. Diese Assimilation beruht darauf, dass zwischen den vorhandenen Plastidulen stets neue Plastidule aus den aufgenommenen Nährflüssigkeiten gebildet werden. Der festflüssige Aggregat-Zustand der organischen Materie ist die Vorbedingung dieses eigenthümlichen Wachstums, und die Molecular-Structur der Kohlenstoff-Verbindungen ihre wahre Ursache. Dieses Wachstum durch Intussusception, welches allen Organismen zukommt und allen Anorganen fehlt, erklärt auch zugleich die Ernährung und den Stoffwechsel, durch welches sich die ersteren von den letzteren unterscheiden. Dieses Wachstum durch Intussusception bedingt endlich vor Allem diejenige „Lebens-Erscheinung“, die als der wichtigste Factor der organischen Entwicklung sich geltend macht und die wir daher zunächst besonders betrachten müssen: Die Fortpflanzung und die damit zusammenhängende Vererbung.

Unstreitig ist es die Fortpflanzung, welche vor allen anderen Funktionen die Organismen gegenüber den Anorganen charakterisirt. Denn durch die Fortpflanzung allein, durch die Vererbung die wir nur als eine nothwendige und integrirende Theilerscheinung der Fortpflanzung betrachten, wird die Erhaltung der organischen Arten und Stämme möglich, die in der

zusammenhängenden Kettenreihe der Generationen trotz des beständigen Wechsels der Individuen bestehen bleiben. Indem kein Anorgan der Fortpflanzung fähig ist, fehlt der anorganischen Natur überhaupt die Stammesgeschichte, die Phylogenie, welche die organische Welt charakterisirt. Die Fortpflanzungslehre oder die Gonologie ist daher der nothwendige Ausgangspunkt für das Verständniss der Phylogenie.

Was ist Fortpflanzung? Um zu einer richtigen Antwort auf diese wichtige Frage zu gelangen, müssen wir uns vor Allem der gewöhnlichen Anschauung entäussern, als ob die Verbindung der beiden Geschlechter der wichtigste und nothwendigste Vorgang der Fortpflanzung sei. Diese Anschauung, welche sich auf die gewöhnliche Fortpflanzungsweise der Personen beim Menschen und bei den höheren Thieren und Pflanzen gründet, erscheint vollkommen verkehrt, sobald wir an die unendlich häufigeren ungeschlechtlichen Fortpflanzungs-Processen denken, die überall und jederzeit bei der Vermehrung der Plastiden stattfinden. Im Grossen und Ganzen betrachtet, erscheint die geschlechtliche oder amphigone Fortpflanzung mit ihren sonderbaren Eigenthümlichkeiten nur als ein besonderer Fall unter der Menge von Vorgängen, welche wir als Fortpflanzung oder Elternzeugung zusammenfassen und welche zum bei weitem grössten Theile ungeschlechtlich erfolgen. Alle die zahllosen Milliarden von Zellen, welche den Körper jedes höheren Thieres, jeder höheren Pflanze zusammensetzen, entstehen nicht durch geschlechtliche, sondern durch ungeschlechtliche Zeugung, durch Theilung. Alle oder doch die Meisten von den zahlreichen einzelligen Wesen, die auf der Grenze von Thierreich und Pflanzenreich stehen, und die wir als Protisten zusammenfassen, vermehren sich nicht durch geschlechtliche, sondern durch ungeschlechtliche Zeugung. Aber auch viele höhere Thiere und Pflanzen, die sich der geschlechtlichen Zeugung erfreuen, vermehren sich daneben auf ungeschlechtlichem Wege, durch Theilung, Knospenbildung, Sporenbildung. Bedenken wir, wie überall und jederzeit Unmassen von Plastiden zu Grunde gehen und von neuen, durch Theilung und Knospung entstandenen ersetzt werden, so liegt es auf der Hand, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung die allgemeine Regel und die geschlechtliche eine verhältnissmässig

seltene Ausnahme bildet. Gewiss werden wir eher zu Wenig als zu Viel behaupten, wenn wir annehmen, dass durchschnittlich auf jeden einzelnen geschlechtlichen Zeugungs-Act in der Natur mehr als Tausend, wahrscheinlich mehr als eine Million ungeschlechtliche Zeugungs-Acte kommen.

Nun sind es aber gerade die einfachsten Formen der ungeschlechtlichen oder monogonen Fortpflanzung, vor allen die Theilung, demnächst die Knospenbildung, welche uns die klarsten Aufschlüsse über das Wesen der Fortpflanzung überhaupt geben und zum Verständniss der viel schwierigeren und verwickelteren geschlechtlichen Fortpflanzung hinführen. Von jenen einfachsten Formen der Monogonie ausgehend, finden wir auf unsere Frage die einfachste Antwort: Fortpflanzung ist Wachsthum des Individuums über sein individuelles Maass hinaus. Wenn eine einfachste Plastide, ein homogenes Moner, bis zu einer gewissen Grösse herangewachsen ist, so zerfällt der structurlose Plasson-Körper bei fortdauerndem Wachsthum in zwei gleiche Hälften, weil die Cohesion der Plastidule nicht mehr ausreicht, um die ganze Masse zusammenzuhalten.

Ebenso beruht jede gewöhnliche Zellentheilung wesentlich auf einem fortgesetzten Wachsthum über das individuelle Maass dieser Zelle hinaus. Die merkwürdigen Einzelheiten des Vorganges, durch den hier aus einer Mutterzelle zwei gleiche Tochterzellen entstehen, sind aber erst in neuester Zeit durch Auerbach, Bütschli, Hertwig und Strasburger gründlicher studirt worden. Dass in diesen Fällen die beiden unter sich gleichen Tochterzellen die Natur ihrer gemeinsamen Mutterzelle geerbt haben, erscheint selbstverständlich; denn sie sind ja gleiche Theilhälften derselben und die Molecular-Bewegung der Plastidule muss in den ersteren wesentlich dieselbe sein, wie in der letzteren. Die Vererbung erscheint hier als eine einfache und nothwendige Folge der Theilung; und zugleich offenbart sie hier den tiefsten Grund ihres Wesens: die Vererbung ist Uebertragung der Plastidul-Bewegung, Fortpflanzung der individuellen Molecular-Bewegung der Plastidule von der Mutter-Plastide auf die Tochter-Plastide.

Nun sind aber die Bedingungen, unter denen die beiden gleichen Theilhälften ihr individuelles Leben weiterführen, immer

mehr oder weniger verschieden; insbesondere sind die verwickelten Verhältnisse, welche der Kampf um's Dasein für die Plastiden ebenso wie für die ganzen vielzelligen Organismen bedingt, fast immer für jedes Individuum besondere. Indem diese besonderen Existenz-Bedingungen auf den elementaren Organismus einwirken, verändern sie seine ursprüngliche Ernährung und bewirken eine theilweise Abänderung der ursprünglichen Plastidul-Bewegung; diese Abänderung oder Variation nennen wir mit einem Worte: Anpassung. Die Anpassung ist Abänderung der Plastidul-Bewegung, in deren Folge die Plastide neue Eigenschaften erwirbt. Wenn nun späterhin die beiden, durch Theilung einer Plastide entstandenen Tochter-Plastiden wiederum herangewachsen sind und nach Ueberschreitung ihrer individuellen Wachsthumsgrenze abermals durch Theilung in je Zwei zerfallen, so werden diese vier Enkel schon nicht mehr so gleichartig sein, wie ihre beiden Mutter-Plastiden. Zwar werden sie von diesen noch den grössten Theil der Eigenschaften geerbt haben, welche Beide von der Grossmutter überkommen hatten. Daneben wird sich aber auch schon ein Theil der Eigenthümlichkeiten geltend machen, welche jede der beiden Mütter während ihres individuellen Lebens erworben hatte, und endlich wird jede der vier Enkelinnen selbst wieder neue Eigenheiten im Laufe ihrer individuellen Existenz erwerben. Wie gering und unbedeutend nun auch diese neuen Erwerbungen in jedem einzelnen Falle erscheinen mögen, so ist es doch klar, dass sie schliesslich in der langen Kette zahlreicher Generationen sich zu sehr beträchtlichen Abweichungen der Plastidul-Bewegung von derjenigen der ursprünglichen Stammform anhäufen und summiren können.

Die Vererbung der Abänderungen, auf welcher die ganze Stammes-Entwicklung beruht, äussert also schon im Plastiden-Leben ihre volle Wirksamkeit, und erzeugt eine unendliche Menge von individuell verschiedenen Plastidul-Bewegungen; und jede spätere Plastidul-Bewegung — oder mit anderen Worten das Leben jeder späteren Plastide, sei es Cytode oder Zelle — setzt sich demnach zusammen einerseits aus der überwiegenden Reihe der alten Plastidul-Bewegungen, welche durch Vererbung getreu von Generation zu Generation sich erhalten haben, an-

dererseits aus einem geringen Antheil von neuen Plastidul-Bewegungen, welche durch Anpassung erworben wurden. (Vergl. das Titelbild nebst Erklärung auf S. 80.) Alle diese Abänderungen der Plastidule sind natürlich durch Umlagerungen der Atome in denselben bedingt; und bei der unendlich verwickelten und mannigfaltigen atomistischen Zusammensetzung der Plastidule, bei ihrer ausserordentlichen Unbeständigkeit und Neigung zur Zersetzung wird sich hier der Anpassung ein unbeschränktes Feld zur Hervorbringung neuer Formen öffnen.

Indem wir so Lamarck's Lehre von der Vererbung der Abänderungen — dieser wichtigsten Voraussetzung von Darwin's Selections-Theorie — von den grossen vielzelligen Thieren und Pflanzen, an denen sie uns handgreiflich vor Augen tritt, auf die Plastiden (Cytoden und Zellen) und von diesen wiederum auf die sie zusammensetzenden Plastidule übertragen, machen wir natürlich auch für diese letzteren die Consequenzen geltend, welche für die ersteren sich aus der Selections-Theorie ergeben. Offenbar herrscht „der Kampf um's Dasein unter den Molekülen“, den Pfaundler 1870 zuerst beleuchtete, im eigentlichsten Sinne und vor allen unter den activen Plastidulen. Diejenigen Plastidule, welche den äusseren Existenz-Bedingungen sich am besten anpassen, d. h. welche das von aussen eindringende flüssige Nahrungsmaterial am leichtesten aufnehmen und die dadurch bedingte Umlagerung ihrer Atome am bereitwilligsten vollziehen, werden natürlich die stärkste Assimilation ausüben und so bei der Fortpflanzung der Plastiden das Uebergewicht erlangen.

Die nächste Folge der natürlichen Züchtung im Kampfe um's Dasein ist die zunehmende Sonderung oder Differenzirung der Formen, welche Darwin als „Divergenz des Charakters“ bezeichnet. Ihre bekannteste Form ist die Arbeitstheilung oder der Polymorphismus der Personen. Bekanntlich liefert die Arbeitstheilung im Menschenleben den wichtigsten Maassstab für die erreichte Culturstufe und dasselbe gilt von den merkwürdigen Culturstaaten der Ameisen, Bienen, Termiten u. s. w. Ferner zeigt uns die vergleichende Anatomie, wie die physiologische „Vollkommenheit“ oder die Entwicklungshöhe jedes höheren Thieres und jeder höheren Pflanze durch die Arbeits-

theilung ihrer Organe bedingt ist. Die verwickelte Maschinerie, welche z. B. das höhere Wirbelthier mit seinen Nerven und Sinnesorganen, Muskeln und Knochen, Darm- und Blutgefässen, Drüsen und Geschlechtsorganen bildet, ist durch die ausserordentlich weit vorgeschrittene, aber im Kampf um's Dasein stufenweis und langsam erworbene Arbeitstheilung dieser Organe und ihrer einzelnen Stücke bestimmt.

Nun beruht aber die Arbeitstheilung der Organe wiederum auf derjenigen der Plastiden, der Cytoden und Zellen. Die verschiedenen Gewebe, welche jenen Organen ihre physiologischen Eigenthümlichkeiten verleihen, sind aus verschiedenen Zellenarten zusammengesetzt, aus Nervenzellen, Muskelzellen, Knochenzellen, Drüsenzellen, Darmzellen, Geschlechtszellen u. s. w. Wie alle diese verschiedenen Zellen-Species durch Arbeitstheilung aus einer einzigen, einfachen, ursprünglichen Zellenform phylogenetisch entstanden sind, das zeigt uns noch heute die individuelle Entwicklung jedes höheren Thier-Eies. Denn die befruchtete Eizelle zerfällt zunächst durch wiederholte Theilung in eine grosse Anzahl von ganz einfachen gleichartigen Zellen. Aus diesen „Morula-Zellen“ gehen dann die beiden primären Keimblätter der Gastrula hervor, und diese Sonderung in zwei verschiedene Zellenschichten ist der erste Anfang der histologischen Arbeitstheilung. Indem dann die Zellen des äusseren Keimblattes oder die Exoderm-Zellen weiterhin in Hautzellen, Nervenzellen, Muskelzellen u. s. w. sich sondern, und indem aus den Zellen des inneren Keimblattes oder den Entoderm-Zellen durch Differenzirung die Darmzellen, Drüsenzellen u. s. w. entstehen, erfolgt die Gewebebildung oder die histologische Differenzirung, auf der die Ausbildung der verschiedenen Organe beruht. Aber die ontogenetische Arbeitstheilung der Zellen, wie wir sie so an jedem Thier-Ei Schritt für Schritt unter dem Mikroskop verfolgen können, ist nur die rasche, nach dem biogenetischen Grundgesetze erfolgende Wiederholung der langsamen phylogenetischen Gewebebildung, wie sie durch die active Arbeitstheilung der Zellen ursprünglich bedingt wurde.

Wie ist nun aber diese Arbeitstheilung der Plastiden möglich? Offenbar nur durch die bedingende Arbeitstheilung der Plastidule. Denn ganz in derselben Weise und ganz nach

denselben Gesetzen, nach denen der Culturstaat durch die Arbeitstheilung der Staatsbürger, die hohe Organisation des menschlichen Körpers durch diejenige seiner Organe und diese wieder durch die Arbeitstheilung der sie zusammensetzenden Zellen bedingt ist, ganz in derselben Weise wird auch diese letztere durch die Arbeitstheilung der Plastidule bewirkt und ganz nach denselben Gesetzen ist auch diese durch die Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung im Kampfe um's Dasein entstanden. Die morphologischen und physiologischen Eigenthümlichkeiten, durch welche jede Nervenzelle, jede Muskelzelle, jede Darmzelle u. s. w. als solche charakterisirt ist, sind einzig und allein dadurch bedingt, dass ihre constituirenden Plastidule sich mehr oder weniger gesondert oder differenzirt und so verschiedene Plasson-Arten hervorgebracht haben. Wie verwickelt und wie verschiedenartig aber auch die Molecular-Structur des Plasson und seine Verbindung mit verschiedenartigen Plasson-Producten in den genannten Zellen-Arten sein mag, dennoch stammen sie nachweislich alle von den gleichartigen Morula-Zellen ab, wie diese von der befruchteten Eizelle. Die phylogenetische ursprüngliche Arbeitstheilung der Plastidule wird so nach dem biogenetischen Grundgesetze noch heute in der ontogenetischen Differenzirung der Plastiden-Moleküle wiederholt.

Eine besondere Form dieser histologischen Arbeitstheilung verdient hier unsere nähere Beachtung: das ist die geschlechtliche Sonderung, die sexuelle Differenzirung. Wie schon vorher bemerkt, besitzt die geschlechtliche Zeugung nicht entfernt die hohe allgemeine Bedeutung, welche man ihr noch heute in den weitesten Kreisen zuschreibt; und das ist um so mehr hervorzuheben, als einerseits dieselbe vorzugsweise gern mit dem mystischen Schleier eines übernatürlichen oder höchst geheimnissvollen Vorganges verhüllt wird, und als andererseits sogar viele hervorragende Naturforscher die Bedeutung dieser Erscheinung für die Entwicklungslehre ganz unverhältnissmässig überschätzen. Da ist denn zunächst ausdrücklich hervorzuheben, dass erstens eine grosse Menge von niedersten Organismen, namentlich die bunte Masse der Protisten, viele Protophyten und Protozoen, die geschlechtliche Zeugung überhaupt nicht kennen, sondern sich ausschliesslich auf ungeschlechtlichem Wege

fortpflanzen (vorzugsweise durch einfache Theilung, ausserdem auch durch Knospenbildung und Sporenbildung). Zweitens ist zu bemerken, dass eine scharfe Grenze zwischen geschlechtlicher Zeugung (Amphigonie) und ungeschlechtlicher Zeugung (Monogonie) nicht besteht, wie schon die unbeständige Conjugation und Copulation bei vielen jener niedersten Organismen beweist. Drittens ist sehr lehrreich die zerstreute Verbreitung der Jungfernzeugung oder Parthenogenesis bei sehr verschiedenen Gruppen von höheren Thieren und Pflanzen; offenbar stammen diese von Vorfahren ab, welche geschlechtlich differenzirt waren; im Laufe der Zeit ist das männliche Geschlecht wieder entbehrlich geworden und verloren gegangen. Nicht minder lehrreich ist viertens die häufige Verknüpfung der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zeugung im Generationswechsel einer und derselben Species. Fünftens endlich verliert der wesentliche Vorgang der geschlechtlichen Zeugung alles Wunderbare und Räthselhafte, sobald wir von allen unwesentlichen und secundären Zuthaten absehen, und nur den histologischen Kern des Processes scharf in's Auge fassen. Denn dann ist die geschlechtliche Zeugung weiter Nichts, als die Verwachsung zweier Plastiden, welche durch weitgehende Arbeitstheilung ihrer Plastidule sich sehr verschiedenartig entwickelt haben.

In der That wird so das dunkle Mysterium der geschlechtlichen Fortpflanzung in der einfachsten Weise aufgeklärt, und das „wunderbare Räthsel“ der weltbewegenden Liebe in der nüchternsten Form gelöst. Natürlich müssen wir dabei ganz absehen von allen jenen mannigfaltigen und merkwürdigen Geschlechts-Einrichtungen, welche erst langsam und allmählich von den höheren Thieren und Pflanzen theils unter dem allgemeinen Einflusse der natürlichen Züchtung, theils durch die besondere Wirksamkeit der geschlechtlichen Zuchtwahl erworben wurden. Ursprünglich finden wir weiter Nichts als zweierlei verschiedene Zellen: weibliche Eizellen und männliche Spermazellen. Diese entstehen oft nicht einmal in besonderen Organen, sondern liegen einzeln zerstreut in anderen Geweben, die Eizellen zwischen den Epithel-Zellen des Darms, die Spermazellen zwischen den Epidermiszellen der Haut; so bei den

Gastraeaden, Spongien, vielen Hydroiden u. s. w. Der ganze Vorgang der sexuellen Verbindung beschränkt sich hier darauf, dass diese beiderlei Zellen, aus dem Verbande des vielzelligen Organismus abgelöst und zufällig im Wasser zusammengekommen, sich an einander legen und mit einander zu einer einzigen Plastide verschmelzen. Die innige Neigung, welche durch die chemische „Wahlverwandtschaft“ der beiden liebenden Zellen bedingt ist, führt beide nothwendig zusammen. Die neu entstandene Zelle ist das Kind der mütterlichen Eizelle und der väterlichen Spermazelle: sie besteht aus den vereinigten Körpern Beider. Verfolgen wir diesen höchst wichtigen, aber auch höchst einfachen Fundamental-Process der Amphigonie noch weiter, so finden wir, dass dabei eine völlige und innige Mengung der Plastidule stattfindet, eine vollständige Verbindung der verschiedenen Molekular-Bewegungen in beiden Plastiden. Dabei scheint gewöhnlich dem Verschmelzungsprocess der beiderlei Geschlechtszellen die theilweise oder vollständige Auflösung ihres Kernes voranzugehen (— in anderen Fällen vielleicht erst nachzufolgen —), so dass also das neuerzeugte Individuum zunächst keine Zelle, sondern eine Cytode ist, und sich erst durch Neubildung eines Kernes wieder zur Zelle gestaltet. Wir haben jene Cytode als „Monerula“, diese erste Zelle als „Cytula“ bezeichnet. Offenbar ist die individuelle Plastidul-Bewegung, welche dieser ersten Plastide innewohnt, und welche deren ganze weitere Entwicklung bedingt, die Resultante aus den beiden verschiedenen Plastidul-Bewegungen der weiblichen Ei-Plastide und der männlichen Sperma-Plastide. Wenn wir letztere als die beiden Seiten im Parallelogramm der Kräfte betrachten, so ist die Plastidul-Bewegung der Monerula und der daraus hervorgehenden Cytula deren Diagonale. Daraus erklärt sich auch ganz einfach die Thatsache der beiderseitigen oder amphigonen Vererbung, die Thatsache, dass das Kind zahlreiche Eigenschaften von beiden Eltern erbt. Die kindliche elementare Lebens-Bewegung ist die Diagonale zwischen der mütterlichen und der väterlichen Lebens-Bewegung.

Rein morphologisch betrachtet, ist jene Vermischung der beiderlei Geschlechtszellen, welche einzig und allein das Wesen der geschlechtlichen Zeugung bedingt, durchaus kein ganz ab-

sonderlicher Vorgang; vielmehr fällt er unter den weiteren Begriff der Verwachsung oder Concrescenz der Plastiden, einen histologischen Vorgang, den wir auch sonst in vielen verschiedenen Modificationen sehr verbreitet antreffen; z. B. bei der Plasmodium-Bildung von Moneren und Myxomyceten, bei der Bildung netzförmiger Gewebe (Verschmelzung sternförmiger Muskelzellen, Nervenzellen, Bindegewebszellen u. s. w.). Besonders lehrreich ist aber dafür die sogenannte Copulation oder Conjugation zweier anscheinend gleichartiger Zellen, welche bei vielen Protisten (Protophyten und Protozoen) der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Theilung vorausgeht (Gregarinen, Infusorien, Diatomeen, Desmidiaceen etc.). Wir dürfen diese Conjugation von zwei gleichartigen Plastiden als die erste Einleitung zur sexuellen Differenzirung oder als den Uebergang von der ungeschlechtlichen zur geschlechtlichen Zeugung ansehen. Da nach den bekannten Erfahrungen der Inzucht ein gewisser Grad von Verschiedenheit der beiden Geschlechts-Individuen für den Erfolg ihrer Verbindung und die Fruchtbarkeit ihrer Nachkommenschaft sehr vortheilhaft ist, so wird die natürliche Züchtung die Ungleichheit der beiden copulirenden Plastiden begünstigen und durch allmähliche Häufung und Verstärkung ihrer individuellen Eigenthümlichkeiten sie allmählich bis zu jenem Gegensatze entfernen, der uns in der verschiedenen Zusammensetzung der grossen amoeboiden Eizelle und der kleinen flagellaten Spermazelle bei den meisten Thieren so auffallend vor Augen liegt. Auch das ist wieder nur eine besondere und stark ausgebildete Form der Arbeitstheilung.

Wenn wir uns nun wieder daran erinnern, dass ganz allgemein betrachtet die Fortpflanzung nichts Anderes ist, als ein „Wachsthum des Individuums über sein individuelles Maass hinaus“, so werden wir auch jene Verwachsung von zwei gleichartigen Zellen, welche als Copulation oder Conjugation bezeichnet wird, und welche zuerst den phylogenetischen Anstoss zur sexuellen Differenzirung gegeben hat, nur als eine besondere Form des Wachsthums ansehen dürfen. Während bei dem gewöhnlichen einfachen Vorgang der ungeschlechtlichen Fortpflanzung das vorausgehende und bedingende Wachsthum (— ein totales bei der Theilung, ein partielles bei der Knospung —)

langsam und allmählich erfolgt, geschieht dasselbe hier bei der Conjugation rasch und plötzlich. So lässt sich also auch das Mysterium der geschlechtlichen Zeugung wieder auf eine besondere Form des Wachstums und der Arbeitstheilung der Plastiden zurückführen.

Die hier dargestellte Auffassung der geschlechtlichen Zeugung scheint mir für die niederen und einfacheren Formen so klar auf der Hand zu liegen, dass sie wohl keiner eingehenderen Begründung mehr bedarf. Aber auch für die höheren und verwickelteren Formen, die zunächst dadurch nicht vollständig aufgeklärt erscheinen, liefert sie uns den Schlüssel des Verständnisses. Dazu ist erforderlich, dass wir erstens die physiologische Individualität des Plastiden-Lebens und die active Bedeutung der dasselbe bedingenden Plastidule anerkennen, und dass wir zweitens dem Begriffe des Generationswechsels eine viel weitere Ausdehnung und allgemeinere Geltung geben, als bisher geschehen ist. Bekanntlich beruht diese „Generatio alternans“, die wir mit Owen kurz als Metagenesis bezeichnen, auf dem regelmässigen periodischen Wechsel von zwei oder mehreren verschiedenen Generationen, von denen eine auf geschlechtlichem, die übrigen auf ungeschlechtlichem Wege ihre Nachkommen erzeugen. Zugleich ist mit diesem periodischen Zeugungswechsel eine mehr oder minder weit gehende Arbeitstheilung der Personen (oder bei den Pflanzen der Sprosse) verbunden, welche sich oft in einer höchst auffallenden Verschiedenheit ihrer Gestaltung und Organisation kund giebt. So sehen wir z. B., dass aus den Sporen oder Keimzellen der Farnkräuter nicht wieder ein Farnkraut entsteht, sondern ein Prothallium, eine niedere Pflanzenform ohne Stengel und Blätter, welche im Wesentlichen einem Lebermoose gleicht. Diese wird geschlechtsreif; sie bildet Eier und Spermazellen, und aus deren Vermischung entsteht eine neue Zelle, die Cytula. Indem die Cytula sich wiederholt theilt, entsteht ein kleines Pflänzchen, das sich durch Sonderung vom Stengel und Blättern wieder zum Farnkraut entwickelt; und an der Unterseite von dessen Blättern entstehen später ungeschlechtlich die braunen Häufchen von Keimzellen oder Sporen. Einem gleichen Generationswechsel begegnen wir bei sehr vielen niederen Thieren. So entwickelt

sich aus dem befruchteten Ei der meisten Medusen nicht wieder eine Meduse, sondern ein festsitzender, ganz anders geformter Hydroid-Polyp, und dieser erzeugt erst wieder (durch ungeschlechtliche Knospung) die frei schwimmenden Medusen, die sich geschlechtlich sondern. Die Blattläuse und viele kleine Krebse (z. B. Daphniden) pflanzen sich während des Sommers ungeschlechtlich durch Parthenogenesis fort, durch unbefruchtete Keimzellen oder Sporen. Erst im Herbst kommt eine geschlechtlich differenzierte Generation mit Männchen und Weibchen, und aus deren befruchteten Eiern entsteht im Frühjahr wieder die erste ungeschlechtliche Generation.

Fassen wir nun aber unsere Plastiden als autonome „Elementar-Organismen“ auf, die ihre morphologische und physiologische Selbstständigkeit besitzen, und betrachten wir den individuellen Entwicklungs-Process vom histologischen Standpunkte der Plastiden-Theorie, so werden wir durch Vergleichung mit den eben angeführten Vorgängen zu der Anschauung gelangen, dass eigentlich der Generationswechsel oder die Metagenesis ein sehr allgemein verbreiteter Vorgang ist. Denn bei der individuellen Entwicklung jedes vielzelligen Thieres, jeder vielzelligen Pflanze tritt zunächst eine geschlechtliche Plastiden-Generation auf, repräsentirt durch die weibliche Eizelle und die männliche Spermazelle. Aus deren Verbindung entsteht wieder eine Zelle, die Cytula, und diese erzeugt auf ungeschlechtlichem Wege, durch wiederholte Theilung, die Generationen von gleichartigen Zellen, welche schliesslich die Morula und die daraus entstehende Blastula zusammensetzen. Jetzt erst tritt zwischen diesen gleichartigen Zellen der Blastula-Generation die erste Arbeitstheilung ein, und sie sondern sich in zweierlei Zellenarten, in die Zellen des inneren vegetativen und des äusseren animalen Keimblattes. Jede von diesen erzeugt wieder durch fortgesetzte Theilung zahlreiche Generationen, und in den letzteren schreitet die Arbeitstheilung der Zellen um so weiter fort, je vollkommener später die völlig entwickelte Person organisirt ist. Alle die zahllosen Generationen von verschiedenartigen Zellen, welche deren Gewebe und Organe zusammensetzen, vermehren sich ungeschlechtlich durch Theilung. Nur zwei von diesen polymorphen Zellen-Generationen sondern sich

wieder geschlechtlich, die Eizellen und die Spermazellen. Kommen diese später im geschlechtlichen Zeugungsacte wieder zur Verwachsung, so sind wir am Anfange des Zeugungskreises angelangt, von welchem wir ausgingen. Der Rückschlag oder Atavismus der Plastiden hat uns wieder bis zur Cytula zurückgeführt. Es besteht also im Grunde die individuelle Entwicklung jedes vielzelligen Thieres und jeder vielzelligen Pflanze, die sich durch Hypogenesis, d. h. ohne „Generationswechsel“ der Personen, durch einen geschlechtlichen Zeugungsact fortpflanzt, eigentlich aus einem höchst verwickelten Generationswechsel ihrer constituirenden Zellen. Der Unterschied liegt nur darin, dass die letzteren im vielzelligen Organismus eng räumlich mit einander verbunden bleiben, während die Personen, als Repräsentanten der verschiedenen Generationen bei der eigentlichen „Metagenesis“ räumlich von einander getrennt und frei sind. Um diesen Unterschied auszudrücken, habe ich die Wechselzeugung der Plastiden als Generationsfolge oder Strophogenesis bezeichnet (Gen. Morph. II, 106). Der Begriff der Metagenesis bleibt auf die Wechselzeugung der Personen, als ganz selbstständiger und freier physiologischer Individuen beschränkt. Wie unwesentlich übrigens dieser Unterschied ist, zeigen die Siphonophoren, bei denen dieselben, durch Arbeitstheilung vielfach gesonderten Personen auf einem Stocke vereinigt bleiben, die bei anderen Hydromedusen getrennt ihr selbstständiges Leben führen. Die Arbeitstheilung der Personen, die wir hier ebenso wie in den Culturstaaten der Ameisen, Bienen, Termiten und Menschen finden, ist an sich betrachtet nur im Grossen, was die Arbeitstheilung der Plastiden im Laufe der Strophogenesis in kleinem Maassstabe darbietet; und die letztere ist wieder im Grunde kein anderer Process als die im Miniaturbilde uns entgegentretende Arbeitstheilung der Plastidule. Diese ist der Elementar-Factor der fortschreitenden organischen Entwicklung, der stetig zunehmenden Vollkommenheit und Mannigfaltigkeit der organischen Formen. Der Mikrokosmos wiederholt auch hier das Bild des Makrokosmos.

Suchen wir nun für die mannigfaltigen und wundervollen, hier kurz berührten Vorgänge der organischen Zeugung und

Entwicklung einen einheitlichen allgemeinen Gesichtspunkt auf monistischer Basis zu gewinnen, so ist dieser jedenfalls nur im Gebiete der Bewegungslehre oder der Mechanik im engeren Sinne zu suchen. Denn der ganze uns erkennbare Weltprocess in seiner unbegrenzten Ausdehnung, die Gesamtentwicklung der Sonnensysteme und Planeten nach Kant, die anorganische Entwicklung des Erdballs nach Lyell und die organische Entwicklung auf demselben nach Darwin sind in gleicher Weise durch feste und unabänderliche Gesetze der Mechanik mit Nothwendigkeit bedingt. Und wie die gesammte Entwicklung der organischen Natur auf unserer Erde, wie die Stammesgeschichte des Pflanzen- und Thierreichs, so ist auch die Entwicklungsgeschichte der Menschheit und jedes einzelnen Menschen durch dieselben festen Gesetze der Bewegungslehre geregelt. Der Unterschied ist nur der, dass der Entwicklungs-Process der organischen Natur im Ganzen, wie im Einzelnen unendlich viel verwickelter und daher schwieriger zu erfassen ist, als derjenige der anorganischen Natur. Aber jener beruht ebenso wie dieser im Grunde doch nur auf Massen-Bewegungen, und diese Massen-Bewegungen sind sämmtlich auf Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnisse der Moleküle und der sie zusammensetzenden Atome, sowie des die Atome verbindenden Aethers zurückzuführen.

Der biogenetische Process, wie wir die Gesammtheit der organischen Entwicklungs-Bewegungen auf unserem Planeten kurz nennen wollen, ist im Einzelnen viel zu verwickelt, die Zahl, Mannigfaltigkeit und Complication aller ihn zusammensetzenden Einzel-Vorgänge ist viel zu gross, als dass es möglich wäre, jetzt schon, bei unserer mangelhaften und unvollkommenen Kenntniss derselben, seinem ehernen mechanischen Gang Schritt für Schritt zu folgen. Trotzdem können wir behaupten, schon jetzt eine befriedigende monistische Einsicht in sein wahres Wesen gewonnen zu haben. Die Voraussetzung dieser Einsicht ist die Anerkennung des biogenetischen Grundgesetzes, welches durch den Nachweis des Causalnexus zwischen Ontogenie und Phylogenie allein fähig scheint, den über allen Zweigen der Biogenie lagernden Nebel zu zerstreuen. Wie man auch jenen innigen ursächlichen Zusammenhang zwischen Keimes-

und Stammesgeschichte formuliren mag, bestehen bleibt er für Jeden, der nicht durch Vorurtheile geblendet, der mit den That-sachen der organischen Entwicklung vertraut und der zu einem philosophischen Urtheil über ihre Bedeutung befähigt ist.

Wollen wir aber noch weiter in die Mechanik des biogenetischen Processes eindringen, so müssen wir nothwendig in die dunkle Tiefe des Plastiden-Lebens hinabsteigen und in der Plastidul-Bewegung die wahre bewirkende Ursache desselben aufsuchen. Es bleibt also hier schliesslich noch die Frage zu beantworten, ob wir über die eigentliche Natur dieser molekularen Plastidul-Bewegung, die unserer unmittelbaren Erkenntniss verschlossen ist, uns mit Hülfe der Vergleichung von analogen Bewegungserscheinungen eine vorläufig befriedigende Hypothese zu bilden im Stande sind. Eine bejahende Antwort auf diese Frage versucht unsere Hypothese der Perigenesis.

Wenn wir zunächst vom höchsten und umfassendsten Gesichtspunkte aus die Gesammtheit der eben betrachteten organischen Entwicklungsvorgänge überschauen, so ergibt sich als allgemeinstes Resultat die Ueberzeugung, dass der biogenetische Process als eine periodische Bewegung verläuft. Das anschaulichste Analogon derselben finden wir im Bilde einer verwickelten Wellenbewegung. Halten wir uns dabei zunächst nur an die unmittelbar zu erkennenden und unumstösslichen That-sachen, so können wir von unserer eigenen Vorfahren-Kette ausgehen; gleichviel ob wir diese auf die sogenannte „historische Zeit“ beschränken, in welcher Mensch auf Mensch nachweislich gefolgt ist; oder ob wir unsere Ahnenreihe, der Anthropogenie folgend, noch weiter hinab durch den Stamm der Wirbelthiere bis zum Amphioxus, und durch die Gruppe der Wirbellosen hindurch bis zur Gastraea, schliesslich bis zur Amoebe und zum Moner verfolgen. Auf jeden Fall lässt sich die Entwicklungsbewegung unserer Ahnenreihe unter dem einfachsten Bilde einer Wellenlinie vorstellen, in welcher das individuelle Leben jeder einzelnen Person einer einzelnen Welle entspricht.

Beschränken wir nun aber unseren Blick nicht auf die Reihe unserer directen Vorfahren, sondern erweitern wir ihn

und fassen wir die Gesamtheit unserer Blutsverwandten zusammen, so können wir bekanntlich deren Zusammenhang in der einfachen Form eines Stammbaumes klar ausdrücken. Mit Rücksicht auf die Wellenbewegung der zusammenhängenden Entwicklung können wir auch in diesem Stammbaum die Entwicklungs-Bewegung jeder einzelnen Person durch eine Welle andeuten. Der ganze Stammbaum erhält so das Bild einer verzweigten Wellenbewegung, einer ramificirten Undulation. (Vergl. hierzu das Titelbild.) Welche Vorfahren-Form wir auch als Stammform für die ganze stammverwandte Gruppe des Stammbaumes oder für einen Theil derselben wählen mögen, immer wird sie als der Ausgangspunkt einer zusammenhängenden Wellenbewegung erscheinen, welche sich, den Aesten und Zweigen des Stammbaumes entsprechend, vielfach ramificirt.

Dasselbe Bild einer verzweigten Wellenbildung, welches uns so die Entwicklungsgeschichte jeder menschlichen Familie, die Genealogie jeder Dynastie im Kleinen darbietet, dasselbe finden wir im Grossen wieder, wenn wir das natürliche System der Organismen im Lichte der Descendenz-Theorie betrachten. Denn wie in jeder menschlichen Familie, so sind auch in jeder grösseren Gruppe von blutsverwandten Thieren oder Pflanzen „alle Gestalten ähnlich; doch keine gleicht der anderen“. Das „geheime Gesetz“, das „heilige Räthsel“, auf welches dieser Gestalten-Chor nach Goethe deutet, ist die übertragene Entwicklungs-Bewegung, auf der die „Blutsverwandtschaft“ beruht. Daher ist das „natürliche System“ nichts Anderes als der wahre Stammbaum der blutsverwandten Arten, und jeder einzelne Ast und Zweig desselben entspricht einer grösseren oder kleineren Gruppe von Descendenten einer gemeinsamen Stammform. Diese Einheit der Abstammung vereinigt alle Formen einer Klasse, Ordnung u. s. w. Indem sich jede Klasse in verschiedene Ordnungen, jede Ordnung in mehrere Familien, jede Familie wieder in verschiedene Gattungen, jede Gattung in mehrere Arten und Varietäten spaltet, verzweigt sich die Wellenbewegung, welche von der gemeinsamen Stammform auf die ganze Nachkommen-Gruppe übertragen wurde; und jeder Wellenzweig pflanzt seine individuelle Bewegung wieder in eigenthümlicher Form auf seine verschiedenen Descendenten fort.

Nun lehrt uns das biogenetische Grundgesetz, dass sich dieser grossartige Entwicklungsgang der Stammesgeschichte im Kleinen widerspiegelt in der Keimesgeschichte jedes einzelnen Individuums. Hier sind es die Lebensläufe der constituirenden Plastiden (Cytoden und Zellen), welche den einzelnen Wellen entsprechen. Die Cytula oder die aus dem befruchteten Ei hervorgegangene „erste Furchungszelle“, aus welcher sich der vielzellige Organismus entwickelt, verhält sich zu den verschiedenen Zellen-Generationen, welche aus ihr durch Theilung entstehen und welche später durch Arbeitstheilung die verschiedenen Gewebe bilden, ganz genau so, wie die Stammform einer Klasse oder Ordnung zu den mannigfaltigen Familien, Gattungen und Arten, welche von ihr abstammen und sich durch Anpassung an verschiedene Existenz-Bedingungen verschiedenartig entwickelt haben. Der ontogenetische „Zellen-Stammbaum“ der ersteren hat ganz dieselbe Form, wie der phylogenetische „Arten-Stammbaum“ der letzteren. Die übertragene Entwicklungs-Bewegung, welche hier von der Stammart der ganzen Arten-Gruppe, dort von der Stammzelle der ganzen Zellen-Gruppe ausgeht, nimmt in beiden Fällen die gleiche Form der verzweigten Wellen-Bewegung an. Jeder, der das biogenetische Grundgesetz anerkennt, wird es nur natürlich finden, dass der Mikrokosmos des ontogenetischen Zellen-Stammbaumes das verkleinerte und theilweise verzogene Abbild von dem Makrokosmos des phylogenetischen Arten-Stammbaumes darstellt. (Vergl. die Erklärung des Titelbildes, S. 80.)

Da wir uns jede zusammengesetzte und verwickelte Erscheinung nur durch Auflösung in ihre einzelnen Bestandtheile und genaueste analytische Untersuchung dieser letzteren zum Verständniss bringen und erklären können, so müssen wir nothwendig auch in der mechanischen Entwicklungs-Theorie bis in die letzten Elementar-Vorgänge eindringen. Nun ist der ganze biogenetische Process das höchst zusammengesetzte Resultat aus den Entwicklungs-Vorgängen sämmtlicher organischen Arten. Diese setzen sich wieder aus den Entwicklungs-Processen der Personen, wie die letzteren aus denjenigen der constituirenden Plastiden zusammen. Die Entwicklung jeder einzelnen Plastide ist aber wieder nur das Product aus den ac-

tiven Bewegungen ihrer constituirenden Plastidule. Nun haben wir gesehen, dass die Entwicklungs-Bewegung der Stämme und Klassen, der Ordnungen und Familien, der Gattungen und Arten, der Personen und Plastiden immer und überall die charakteristische Grundform der verzweigten Wellen-Bewegung hat. Demnach kann auch die molekulare Plastidul-Bewegung, welche allen jenen Vorgängen zu Grunde liegt, in Wirklichkeit keine andere Form besitzen. Wir müssen schliessen, dass auch diese Elementar-Ursache des Lebens-Processes, dass auch die unsichtbare Plastidul-Bewegung eine verzweigte Wellenbewegung ist. Diese wahre und letzte „Causa efficiens“ des biogenetischen Processes nennen wir mit einem Worte Perigenesis, die periodische Wellenzeugung der Lebenstheilchen oder Plastidule. In der That ist diese mechanische Hypothese wohl geeignet, uns jenen Process wirklich zu erklären. Nehmen wir als einfaches Beispiel zur Erläuterung der Perigenesis den Entwicklungsgang eines monoplastiden Protisten (z. B. eines monocytoden Moneres, oder einer einzelligen Amoebe), das sich durch einfache Theilung fortpflanzt, und verfolgen wir diesen auf der angehängten Tafel bis zur fünften Generation. Auf dieser Tafel ist jede entwickelte einfache Zelle durch eine einfache rothe Kugel und die beiden Tochterzellen, welche bei deren Fortpflanzung durch Theilung entstehen, durch zwei kleinere, unmittelbar darüber befindliche rothe Kugeln angedeutet. Die rothen Wellenlinien bedeuten den individuellen Entwicklungsgang jeder einzelnen Zelle mit der ihr eigenthümlichen Plastidul-Bewegung, deren Richtung durch einen rothen Pfeil angedeutet wird. Die kleinen schwarzen Körper von verschiedener Form bedeuten die Summe der äusseren Existenz-Bedingungen, welche die Ernährung jeder Zelle beeinflussen und durch Anpassung deren ursprüngliche Plastidul-Bewegung abändern. Die Richtung dieser Anpassungs-Bewegung ist durch die schwarzen Pfeile angedeutet. Indem nun in jeder einzelnen Zelle die ursprüngliche, von der Mutterzelle durch Vererbung übertragene Plastidul-Bewegung mit der neuen, durch Anpassung erworbenen Plastidul-Bewegung zusammentrifft, entsteht als Diagonale in diesem Parallelogramm der Kräfte eine neue Form der Plastidul-Bewegung, die dieser Zelle individuell zukommt; und da die Existenz-Bedingungen

aller Individuen mehr oder minder verschieden sind, müssen auch diese Diagonal-Bewegungen mehr oder minder abweichen. Daraus folgt die Divergenz des Charakters, welche sich bei den Descendenten jeder Generation ausspricht und bei jeder Generation wächst. Der ganze Entwicklungs-Process stellt sich also als eine zusammengesetzte ramificirte Undulation der Plastidule dar, bei welcher die einzelnen Wellen mehr und mehr ungleich werden. Ganz dieselbe Erscheinung zeigt uns der sogenannte Furchungs-Process der Thier-Eier. Auch hier zerfällt die Zelle durch wiederholte Theilung in 2, 4, 8, 16, 32 Zellen u. s. w. Zwar erscheinen diese äusserlich häufig gleich; allein ihre (ererbte) Plastidul-Bewegung ist dennoch individuell verschieden, wie aus ihrer späteren ungleichen Entwicklung hervorgeht. Die potentielle Ungleichheit, welche hier durch Vererbung übertragen oder angeboren erscheint, ist in Wahrheit ursprünglich durch Anpassung von den ältesten Vorfahren des vielzelligen Organismus erworben worden.

Indem wir dergestalt eine ununterbrochene verzweigte Wellenbewegung der Plastidule als die bewirkende Ursache des biogenetischen Processes annehmen, sehen wir die Möglichkeit ein, den unendlich verwickelten Gang des letzteren auf mechanische Bewegung der Massen-Atome zurückzuführen; und diese sind hier ebenso durch chemisch-physikalische Gesetze bedingt, wie in sämtlichen Erscheinungen der anorganischen Natur. Wenn wir diese verzweigte Wellenbewegung der Plastidule mit einem Worte als „Perigenesis oder Wellenzeugung“ bezeichnen, so wollen wir damit die charakteristische Eigenthümlichkeit ausdrücken, welche dieselbe als verzweigte Bewegung von anderen ähnlichen periodischen Processen unterscheidet. Diese Eigenthümlichkeit beruht auf der Reproductionskraft der Plastidule und diese ist wieder durch deren eigenthümliche atomistische Zusammensetzung bedingt. Jene Reproductionskraft, die allein die Fortpflanzung der Plastiden ermöglicht, ist aber gleichbedeutend mit dem Gedächtniss der Plastidule. Und hier kommen wir wieder auf die vorher adoptirte, von Ewald Hering so vortrefflich begründete Anschauung zurück, dass das unbewusste Gedächtniss die wichtigste Character-Eigenschaft der „organisirten Materie“, oder

richtiger der organisirenden Plastidule ist. Das Gedächtniss ist ein Hauptfactor des biogenetischen Processes. Durch das Gedächtniss der Plastidule wird das Plasson befähigt, in fort-dauernder periodischer Bewegung seine charakteristischen Eigenschaften von Generation zu Generation durch Vererbung zu übertragen, und diesen die neuen Erfahrungen einzufügen, welche die Plastidule durch Anpassung im Laufe der Entwicklung erworben haben.

Wie ich schon in der generellen Morphologie ausführlich begründete, sind die Abänderungen der organischen Formen, welche wir unter dem Begriff der Anpassung im weitesten Sinne zusammenfassen, bedingt durch veränderte Verhältnisse in der Ernährung der Plastiden. Diese letzteren aber sind zurückzuführen auf chemische Veränderungen in der atomistischen Zusammensetzung und demgemäss in der Molekular-Bewegung der Plastidule, welche bei der ausserordentlichen Beweglichkeit und verwickelten Lagerung der constituirenden Atome unmittelbar durch die veränderten Einflüsse der umgebenden Aussenwelt oder der äusseren „Existenz-Bedingungen“ herbeigeführt werden. Diese Erfahrungen vergessen die Plastidule nicht. Sie übertragen vielmehr dieselben als Modification der ursprünglichen Plastidul-Bewegung auf die Nachkommen. So erklärt sich die Vererbung wesentlich als die Uebertragung der individuellen Plastidul-Bewegung, welche mit jedem Prozesse der Fortpflanzung nothwendig verknüpft ist.

In der generellen Morphologie (Bd. I, S. 154, Bd. II, S. 297) und in der natürlichen Schöpfungsgeschichte (VI. Aufl., S. 226, 300) hatte ich jede einzelne organische Form als das nothwendige Product aus zwei mechanischen Factoren abgeleitet, die man im Sinne der älteren Biologie als „Bildungskräfte“ oder „Bildungstriebe“ bezeichnen kann. Der innere Bildungstrieb oder die innere Gestaltungskraft (von Goethe als der centripetale oder Specificationstrieb bezeichnet) ist die Erblichkeit oder Heredität. Der äussere Bildungstrieb oder die äussere Gestaltungskraft (von Goethe der centrifugale oder Metamorphosen-Trieb genannt) ist die Anpassungsfähigkeit oder Variabilität. Letztere bedingt das, was Baer als „Grad der Ausbildung“, erstere das, was Baer als „Typus der Bildung“ gegen-

überstellt. Mit Rücksicht auf die Perigenesis können wir jetzt den Gegensatz zwischen diesen beiden fundamentalen formgestaltenden Kräften der Organismen schärfer dahin präcisiren, dass wir sagen: Die Erblichkeit ist das Gedächtniss der Plastidule, die Variabilität ist die Fassungskraft der Plastidule. Jene bewirkt die Beständigkeit, diese die Mannigfaltigkeit der organischen Formen. In sehr einfachen und sehr constanten Formen haben die Plastidule, *cum grano salis* verstanden, „Nichts gelernt und Nichts vergessen“. In sehr vollkommenen und variablen organischen Formen haben die Plastidule „Viel gelernt und Viel vergessen“. Als Beispiel für ersteres führe ich die Keimesgeschichte des *Amphioxus*, als Beispiel für letzteres hingegen diejenige des Menschen an (vergl. meine *Anthropogenie*, VIII. und XIV. Vortrag).

Die Unterschiede, welche meine Hypothese der Perigenesis von Darwin's Hypothese der Pangenesis trennen, liegen auf der Hand. So wesentlich verschieden, wie Darwin's „*Gemmulae* oder Lebenskeimchen“ von unseren „Plastidulen oder Lebensmolekülen“, so grundverschieden sind auch die molekularen Bewegungen, welche unsere beiden Hypothesen in Anspruch nehmen. Die „*Gemmulae*“ der Pangenesis sind Molekül-Gruppen, welche „wachsen, sich ernähren und durch Theilung vervielfältigen können, gleich den Zellen selbst“. Die „Plastidule“ der Perigenesis hingegen sind Einzel-Moleküle, welche als solche alle diese Eigenschaften nicht besitzen. Sie können bloss ihre individuelle Plastidul-Bewegung auf die benachbarten Plastidule übertragen und durch Assimilation in ihrer unmittelbaren Umgebung neue Plastidule von derselben Beschaffenheit bilden, wie ein wachsender Krystall in der Mutterlauge; sie können ferner ihre atomistische Zusammensetzung in Folge äusserer Einflüsse sehr leicht ändern und damit auch ihre Plastidul-Bewegung. Darwin nimmt an, dass jede Zelle Theilchen an alle Theile des Körpers abgibt und dass alle Reproductions-Zellen, sowohl die Eizellen und Spermazellen welche die geschlechtliche Zeugung, als auch die indifferenten Zellen welche die ungeschlechtliche Zeugung vermitteln, abgegebene *Gemmulae* von sämtlichen Zellen des Organismus enthalten; und nicht allein dieses Organismus, sondern auch aller seiner Vorfahren. Wie

diese in den Reproductions-Zellen sich ordnen und den neuen Organismus bilden sollen, vermag ich nicht einzusehen. Ja, mir scheint eine Entwicklungslehre auf dieser Basis mit der Zellen-Theorie, mit der Plastiden-Theorie, mit unseren Erfahrungen über die successive Differenzirung und Arbeitstheilung der Zellen im Laufe der Ontogenese überhaupt unvereinbar. Die Arbeitstheilung und Generationsfolge der Zellen, auf welche ich das Hauptgewicht lege, und die regelmässige Periodicität der Plastidulbewegung, welche diesen erworbenen Process der Arbeitstheilung von Zeit zu Zeit wiederholt und durch neue Erwerbungen complicirt, haben in der Theorie der Pangenesis keinen Platz.

Hingegen gründet sich meine Hypothese von der Perigenesis der Plastidule auf das mechanische Princip der übertragenen Bewegung, welches bereits Aristoteles als die wichtigste Ursache der individuellen Entwicklung betrachtete. Dieser grosse Naturphilosoph lässt bei der geschlechtlichen Fortpflanzung den Anstoss und den Beginn oder die Erregung der Entwicklungsbewegung vom männlichen Samen ausgehen und von diesem auf den weiblichen Zeugungsstoff sich übertragen. Auch bekämpft er ausdrücklich die in der Pangenesis enthaltene Vorstellung, dass der Same von allen Theilen des Körpers herkomme. Unsere Plastidule sind die constituirenden Moleküle des Plasson, welche die Plastiden-Theorie, die erweiterte „Protoplasma-Theorie“, als die einzigen activen Factoren des Plastiden-Lebens anerkennt, während sie den übrigen Gewebs-Molekülen dabei nur eine passive Rolle zutheilt. Indem die schwingende Molekular-Bewegung dieser Plastidule, oder die Plastidul-Bewegung, sich bei der Vermehrung der Plastiden als „Vererbung“ auf die neugebildeten Plastiden überträgt, gestaltet sie sich zu einer verzweigten Wellenbewegung, und indem bei den verschiedenen Descendenten die mannigfaltigen Existenzbedingungen einen unmittelbaren Einfluss auf die verschiedenen Zweige ausüben, entstehen durch „Anpassung“ neue Formen. Durch Vererbung dieser Anpassungen auf die späteren Descendenten entsteht die divergente Arbeitstheilung der Plastiden, welche wir als die wichtigste Ursache der weiteren Entwicklung ansehen. So

werden die Wellenkreise der ramificirten Undulation immer zahlreicher, mannichfaltiger und verwickelter, je weiter wir die fortschreitende Perigenesis der Plastidule verfolgen.

Alle die mannigfaltigen, verwickelten und merkwürdigen Erscheinungen des biogenetischen Processes scheinen mir im Lichte dieser Perigenesis einer einfachen mechanischen Erklärung von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zugänglich zu werden. Hingegen habe ich mich vergeblich bemüht, eine solche einfache mechanische Erklärung mit Hülfe der Pangenesis zu erreichen, welche Darwin selbst als eine höchst complicirte Hypothese bezeichnet. Auch alle die einzelnen Haupt-Erscheinungen der Entwicklung, welche derselbe an der Hand der Pangenesis-Hypothese zu erklären sucht: Fortpflanzung und Vererbung, Ernährung und Anpassung, Rückschlag und Generationswechsel, Hybridismus und Regeneration scheinen mir durch die Pangenesis der Gemmulae keine mechanische und mit den Thatsachen des Zellenlebens und der Keimesentwicklung vereinbare Erklärung zu finden. Hingegen wird eine solche durch die Perigenesis der Plastidule gegeben. Darwin sagt ausdrücklich, dass „alle Formen der Reproduction abhängen von der Aggregation von Gemmulae, welche von allen Theilen des Körpers abgeleitet sind“. Wir sagen hingegen: „Alle Formen der Fortpflanzung hängen ab von der Uebertragung der Plastidul-Bewegung, welche bloss von dem zeugenden Theile des Körpers auf die erzeugten Plastiden direct übertragen wird, aber weiterhin vermöge des Gedächtnisses und der Arbeitstheilung der Plastidule die Wellenbewegung der Vorfahren in den Nachkommen ganz oder theilweise reproduciren kann.

Was ich hier gegen die geistreiche Pangenesis-Theorie Darwin's einwende, das gilt zum Theil auch von der scharfsinnigen Entwicklungs-Theorie, welche 1874 Elsberg in New-York als die Theorie von der „Regeneration oder Präservation der organischen Moleküle“ veröffentlicht hat. (Proceed. of the American Association, Hartford 1874.) Jedoch treten hier an die Stelle der „Gemmules“ in Uebereinstimmung mit unserer Plastiden-Theorie die Plastidule. In der Auffassung der Plastidule als wirklicher activer Plasson-Moleküle und in Bezug auf

die fundamentale Bedeutung des Plasson selbst, stimmt Elsberg wesentlich mit unserer Auffassung überein. Dagegen nimmt er den Grundgedanken der Pangenesis in seine Regenerations-Theorie auf. Er formulirt sie selbst in folgenden Worten: „Der Keim jedes erzeugten lebenden Wesens enthält Plastidule seiner ganzen Vorfahren-Reihe. Ich nenne sie die Regenerations-Hypothese, weil ihr zufolge die Vorfahren bis zu einem gewissen Grade körperlich, und also auch in jeder anderen Beziehung, in ihrer Nachkommenschaft wiedergeboren werden; oder die Hypothese der Präservation der organischen Moleküle, weil sie annimmt, dass gewisse Plastidule, wenn auch nicht für immer, doch für lange Zeit, aufbewahrt und von Generation zu Generation übertragen werden; oder ich könnte sie die Hypothese der Erhaltung der organischen Kräfte nennen, was nach der eben gegebenen Deutung dasselbe ausdrücken würde.“

Wie hieraus und aus den weiteren Ausführungen von Elsberg klar hervorgeht, stimmt er im Wesentlichsten mit der Pangenesis-Hypothese Darwin's überein, insofern hier wie dort die materielle Uebertragung wirklicher Moleküle durch die ganze Reihe der blutsverwandten Generationen und somit die materielle Zusammensetzung jedes Keimes aus körperlichen Theilchen seiner sämtlichen Vorfahren behauptet wird. Gerade diesem Grundgedanken aber tritt unsere Perigenesis-Hypothese entgegen. Denn wir nehmen eine unmittelbare Uebertragung der körperlichen Moleküle nur vom zeugenden Individuum auf das Erzeugte an, aber nicht auch von der älteren Vorfahren-Reihe her. Von dieser wird nur die besondere Form der periodischen Bewegung übertragen oder „vererbt“, und nur diese fortdauernde „Wellenbewegung der Plastidule“ ist es, welche vermöge des Gedächtnisses derselben auch die Eigenschaften der älteren Vorfahren an den späteren Nachkommen wieder in die Erscheinung treten lässt. Das ist ja gerade das Charakteristische der fortschreitenden Wellenbewegung, dass die Wellenformen sich vom Ausgangspunkte der Bewegung oder vom „Erregungscentrum“ aus über weite Strecken und zahllose Theile der bewegten Masse fortpflanzen können, trotzdem die bewegten Moleküle nur innerhalb sehr enger Grenzen, nur innerhalb einer Wellenlänge sich hin und her bewegen, und

die Wellen selbst an Ort und Stelle bleiben; in sehr sinnreicher und bezeichnender Weise nennen wir deshalb auch die Wellenbewegung eine Fortpflanzung der Wellen. Diesen Sprachgebrauch umkehrend, kann man auch die Fortpflanzung der Organismen als eine eigenthümliche „Wellenbewegung“ auffassen.

Abgesehen von dieser Differenz scheint mir Elsberg auch darin zu weit zu gehen, dass er die Zellen-Theorie durch die histologischen Anschauungen von Beale und Heitzmann für überwunden erklärt und die netzförmige Anordnung der Plastidulreihen im Plasson oder der „formenden Substanz“ für eine allgemeine und wesentliche Eigenschaft aller Plastiden hält. Ich fasse dagegen diese netzförmige Anordnung der Plastidul-Reihen in der „Interplastidul-Substanz“ als ein secundäres Phänomen auf und nehme an, dass ursprünglich (z. B. in den einfachsten Moneren) die Plastidule allein, dicht aneinander gelagert, den ganzen Plastiden-Körper bilden. Erst in Folge ihrer weiteren bildenden Thätigkeit treten sie aus einander, lagern „Interplastidul-Massen“ zwischen sich ab und können die netzförmige Anordnung annehmen, welche wir so weit verbreitet (wenngleich keineswegs allgemein) in den Cytoden und Zellen wahrnehmen. Jedenfalls bleibt aber Elsberg im Rechte, wenn er die hohe Bedeutung der Plastidule betont und sie als die eigentlichen activen Factoren des Lebens-Processes ansieht.

Die grossen Gruppen von Thatsachen, auf welche wir unsere Perigenesis-Hypothese stützen, sind als empirische Grundlagen der Entwicklungs-Lehre zum grössten Theile längst anerkannt, und die darauf gegründeten Theorien, die wir durch die Idee der Perigenesis zu einem Ganzen verbunden haben, von den meisten Biologen gegenwärtig angenommen. Ueber die Begründung der Zellen-Theorie, von der wir ausgegangen sind, brauchen wir kein Wort zu verlieren. Dass die active formbildende Lebenssubstanz der Zellen, oder die materielle Basis der Lebens-Thätigkeiten, im Protoplasma und der nahverwandten Nucleus-Substanz zu suchen ist, und dass alle anderen Theile der Gewebe passive, von jenen gebildete Bestandtheile darstellen, ist neuerdings ebenso zur Anerkennung gelangt. Die Moneren (und die ontogenetische Keimform der

Monerula) zeigen uns, dass Protoplasma und Nucleus erst durch Sonderung aus dem einfachen Plasson entstanden sind. Hierauf gestützt glauben wir in unserer Plastiden-Theorie gezeigt zu haben, dass alle die zahllosen Arten des Protoplasma und des Nucleus nur Modificationen einer einzigen fundamentalen Bildungssubstanz, des Plasson darstellen, und dass demnach als die eigentlichen, molekularen Factoren des biogenetischen Processes die Plasson-Moleküle oder die Plastidule zu betrachten sind. Diesen müssen wir nothwendig eine eigenthümliche, durch ihre atomistische Constitution bedingte Molecular-Bewegung zuschreiben. Dass der biogenetische Process im Grossen und Ganzen ebensowohl wie in allen einzelnen Theilen eine verzweigte Wellenbewegung darstellt, wird wohl allgemein zugegeben werden. Da wir nun aber die bewirkende Ursache dieser höchst zusammengesetzten Wellenbewegung nur in der molekularen Plastidul-Bewegung finden können, so müssen wir auch letztere als eine Undulation auffassen.

Wollten wir von streng mechanischem Standpunkt aus für unsere Perigenesis-Hypothese den Werth einer Theorie der Entwicklung in Anspruch nehmen, so würden wir vor Allem den Charakter der periodischen Massen-Bewegung, der verzweigten Wellen-Bewegung betonen, den der biogenetische Process unstreitig besitzt. Als hypothetisches Element bleibt dann in der Theorie eigentlich nur noch die Summe von Eigenschaften übrig, welche wir den Plastidulen oder den Plasson-Molekülen zuschreiben. Wir betrachten diese „Lebenstheilchen“ als die wahren activen Factoren des Lebens-Processes und schreiben ihnen ausser den Eigenschaften, die allen aus Atomen zusammengesetzten Massenthelchen oder Molekülen zukommen, eine besondere Eigenschaft zu, welche sie als vitale Moleküle vor den anderen auszeichnet. Diese Eigenschaft, die recht eigentlich den lebendigen Organismus von dem nicht lebendigen Anorgane unterscheidet, ist die Fähigkeit des Gedächtnisses oder der Reproduction. Ohne diese Hypothese scheinen uns die mannigfachen Phänomene der Zeugung und Entwicklung überhaupt nicht verständlich zu sein. Wie befriedigend sich die Annahme eines solchen unbewussten Plastidul-Gedächtnisses begründen lässt, das hat Ewald Hering in der mehrfach her-

vorgehobenen Schrift einleuchtend gezeigt. Hingegen ist es mir bei eingehendem Nachdenken nicht möglich gewesen, irgend einen haltbaren Grund gegen diese Hypothese aufzufinden. Demnach betrachte ich das Gedächtniss oder die Reproductionskraft der Plastiden als eine Function des Plasson, welche unmittelbar durch die atomistische Zusammensetzung der Plastidule selbst bedingt ist.

Von diesem Gesichtspunkte aus dürfen wir vielleicht die Perigenesis als eine „mechanische Theorie“ im weiteren Sinne bezeichnen, oder wenigstens als eine Hypothese, welche den Keim zu einer solchen in sich trägt. Was noch besonders zu ihren Gunsten sprechen dürfte, ist ihre grosse Einfachheit, in der Regel das Zeichen einer naturgemässen Theorie. Wie einfach sind die Grundgedanken der Gravitations-Theorie von Newton, der Undulations-Theorie von Hüyghens, der Wärme-Theorie von Meyer, der Zellen-Theorie von Schleiden, der Descendenz-Theorie von Lamarck und der Selections-Theorie von Darwin! Und doch werden durch diese einfachen Grundgedanken die grössten und umfassendsten Massen verschiedenartiger Thatsachen zu einem einheitlichen Ganzen verbunden und durch eine gemeinsame Ursache erklärt. Ebenso einfach ist auch der Grundgedanke einer verzweigten Wellenbewegung der Plastidule, die wir als bewirkende mechanische Ursache des biogenetischen Processes betrachten.

Wenn die monistische Naturwissenschaft der Gegenwart an uns mit Recht die Anforderung stellt, alle Natur-Erscheinungen mechanisch zu erklären und mit Ausschluss jeder Teleologie auf „bewirkende Ursachen“, auf „causae efficientes“ zurückzuführen, so wird dieser ersten Anforderung durch unsere Perigenesis-Theorie genügt. Denn rein mechanisch sind die Principien von der übertragenen Massenbewegung und von der Erhaltung der Kraft, welche derselben zu Grunde liegen. Rein mechanisch ist auch das Princip der Autogonie, welches den ersten Anstoss zu dieser übertragenen Bewegung aus jenen Atom-Bewegungen herleitet, die bei der Bildung der ersten Plastidule stattfinden und deren eigenthümliche Plastidul-Bewegung bewirken. Auf die Uebertragung dieser Plastidul-Bewegung konnten wir die Vererbung, auf die Abänderung

derselben die Anpassung zurückführen, die beiden Haupt-Factoren der organischen Formbildung. So fügt sich der biogenetische Process, als eine besondere und höchst verwickelte Form der periodischen Massen-Bewegung, ohne Zwang in den gesetzmässigen Gang des gesammten Weltprocesses ein, und die bewirkende Ursache desselben ist die Perigenesis der Plastidule.

Erklärung des Titelbildes.

Das Schema der Perigenesis, das diese Tafel darstellt, soll in einfachster Form die verwickelten Beziehungen versinnlichen, welche bei jedem organischen Entwicklungs-Process zwischen den Descendenten einer gemeinsamen Stammform durch die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung bedingt werden. Die übertragene Bewegung der Plastidule, welche die Vererbung bewirkt, ist durch rothe Wellenlinien angedeutet; hingegen der Einfluss der äusseren Existenz-Bedingungen, welcher durch Abänderung der übertragenen Plastidul-Bewegung die Anpassung bewirkt, durch schwarze Wellenlinien. Die Verschiedenheit der äusseren Existenz-Bedingungen, denen jedes organische Individuum sich anpassen muss, ist durch die verschiedene Form der schwarzen Körper angedeutet, hingegen die dadurch bewirkte Verschiedenheit der inneren Plastidul-Bewegung durch die verschiedene schwarze Schraffirung der rothen Kugeln. Je zwei kleine Kugeln sind durch Theilung der darunter befindlichen grossen Kugel entstanden. Dieses Verhältniss ist der Einfachheit halber angenommen und bis zur fünften Generation fortgeführt. Das Schema passt ebenso wohl auf die Furchungszellen, welche sich bei der regelmässigen totalen Ei-Furchung durch fortgesetzte Zweitheilung vermehren, wie auf die entsprechende Stammesgeschichte einer einzelligen Stammform. Aber auch in dem Stammbaum jedes höheren, vielzelligen Organismus erscheint ebenso die individuelle Plastidul-Bewegung jedes einzelnen Individuums als das Product aus der durch Vererbung übertragenen und der durch Anpassung abgeänderten Wellenzeugung der Lebenstheilchen.

Ueber die
Urkunden der Stammesgeschichte.

V o r t r a g
gehalten am 3. März 1876
in der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena.

„Gieb nach dem löblichen Verlangen
Von vorn die Schöpfung anzufangen!
Zu raschem Wirken sei bereit!
Da regst du dich nach ew'gen Normen
Durch tausend, aber tausend Formen,
Und bis zum Menschen hast du Zeit.“

Goethe.

Der befruchtende Einfluss, welchen die neu erstandene Entwicklungslehre seit achtzehn Jahren auf die verschiedensten Gebiete der Wissenschaft, und vor allen der Naturgeschichte ausübt, hat auf keinem derselben rascher gewirkt und reichere Früchte hervorgerufen, als auf dem Gebiete der organischen Morphologie, der Formenlehre der Thiere und Pflanzen. Hier sind zunächst in Folge der neu begründeten Abstammungslehre verschiedene wichtige Zweige der Forschung, welche bis dahin mehr oder minder getrennt neben einander liefen, in die innigste Verbindung und Wechselwirkung getreten. Innere und äussere Formbetrachtung, vergleichende Anatomie und Systematik, Embryologie und Paläontologie haben sich in dem erklärenden Lichte der Descendenz-Theorie als innig verbundene Wissenschaftsfächer erkannt, welche auf verschiedenen Wegen nach einem und demselben Ziele hinstreben, nach dem Verständniss der organischen Formen durch die Erkenntniss ihrer historischen Entstehung. Daraus aber hat sich eine neue Wissenschaft entwickelt, welche unmittelbar die Erkenntniss dieser ursprünglichen Entstehung im genealogischen Zusammenhange der blutsverwandten Thiere und Pflanzen anstrebt, und welche in dem Stammbaum derselben das wahre „natürliche System“ der Formen zu entdecken trachtet; diese neue Wissenschaft ist die Stammesgeschichte oder Phylogenie.

Jede neue Wissenschaft hat zunächst mit der Missgunst und Eifersucht ihrer älteren Schwestern zu kämpfen, welche von ihr eine Beeinträchtigung ihrer älteren, wohlerworbenen Rechte fürchten, und zwar um so mehr, je höher die Aufgaben sind, welche sich der neue Ankömmling stellt, je weiter der Wirkungskreis, den er für sich zu gewinnen strebt. Da gilt es denn, die junge Kraft im harten Kampfe um's Dasein zu bewähren

und gleich der jungen Keimpflanze im dichtbesäten Felde, Bodenraum, Licht und Luft den neidischen Schwestern abzurufen. So hat eine der jüngsten und hoffnungsvollsten Wissenschaften, die vergleichende Sprachforschung, erst in heissem Kampfe mit den älteren Disciplinen der Philologie sich ihre Geltung erringen müssen. Und so ist auch der Stammesgeschichte, deren Ziele und Wege denen der vergleichenden Sprachforschung nahe verwandt sind, jener nothwendige Kampf um's Dasein nicht erspart geblieben.

Als wir vor zehn Jahren in der „generellen Morphologie“ den ersten Versuch wagten, Begriff und Aufgabe der Stammesgeschichte festzustellen, Ziele und Wege der Phylogenie abzustecken, da begegnete dieser Versuch fast überall nur Misstrauen und Achselzucken, vielfach Hohn und Anfeindung. Wie will diese anspruchsvolle Stammesgeschichte die Geheimnisse der organischen Schöpfung enthüllen? Wie will sie die Abstammung der zahllosen Thier- und Pflanzen-Gestalten von einfachsten gemeinsamen Stammformen nachweisen? Wie will sie den hypothetischen Stammbaum der Organismen begründen? Und welche Urkunden stehen ihr bei dieser prähistorischen Geschichtsforschung zu Gebote? Solche und ähnliche Zweifel an der Möglichkeit, geschweige denn am Erfolge der phylogenetischen Forschung wurden überall laut, und wer nicht näher mit dem Gebiete der organischen Morphologie und mit dem ungeheuren Metall-Vorrath ihres noch ungeprägten Wissensschatzes vertraut war, der konnte unser Beginnen gleich von vornherein für hoffnungslos und verfehlt erklären.

Und wie liegt die Sache heute, nachdem kaum zehn Jahre verflossen sind? Nun, wir dürfen wohl mit den Erfolgen dieses ersten Decenniums der Phylogenie recht zufrieden sein und uns das Gefühl des entscheidenden Sieges über unsere Gegner wohl gönnen! Nicht allein ist die Stammesgeschichte allgemein in der „Naturgeschichte“, in der Biologie zu selbstständiger Geltung und Anerkennung gelangt, nicht allein bilden phylogenetische Vorstellungen und Grundsätze bereits einen wesentlichen Bestandtheil der besten Lehr- und Handbücher, sondern auch zahlreiche werthvolle Special-Forschungen über einzelne Aufgaben der Phylogenie sind bereits begonnen und haben theilweise schon

die glänzendsten Resultate zu Tage gefördert. Ja, wir erleben schon heute den Triumph, dass viele unserer Gegner sich völlig bekehrt haben und den schwierigen, von uns zuerst betretenen, von ihnen für ungangbar erklärten Pfad nunmehr selbst verfolgen. Die tüchtigsten Zoologen und Botaniker aber haben die phylogenetische Methode einstimmig angenommen und durch Anwendung derselben bereits Erfolge erlangt, deren sie ohne dieselbe nimmermehr theilhaftig geworden wären. Ja sogar die „berüchtigten“ Stammbäume, deren sich die phylogenetische Specialforschung mit grossem Nutzen als des einfachsten, klarsten und übersichtlichsten Ausdrucks ihrer heuristischen Hypothesen bedient, sind zu unerwartet rascher Anerkennung gelangt und werden allgemein in der Morphologie verwerthet. Zwar fehlt es auch heute noch nicht an Stimmen, welche alle diese phylogenetischen Bestrebungen für leere Spielereien halten, und noch kürzlich konnten wir aus dem Munde angesehener Physiologen hören, dass unsere „Stammbäume etwa so viel werth sind, wie in den Augen der historischen Kritik die Stammbäume homerischer Helden“. Allein diese und ähnliche wegwerfende Aeusserungen beweisen nur, dass die betreffenden Physiologen mit dem gegenwärtigen Zustande der Morphologie völlig unbekannt sind und von deren Inhalt und Bedeutung gar keine Vorstellung haben. Auch ist zwischen den Zeilen der stille Kummer zu lesen, dass die Physiologie in ihrer heutigen einseitigen Richtung die Abstammungslehre nicht zu gebrauchen versteht, während die Morphologie mittelst derselben die grössten Resultate erzielt hat. So wenig aber solche Ignoranten-Urtheile die Bedeutung der vergleichenden Anatomie schmälern, die seit 70 Jahren, oder der Systematik, die seit 140 Jahren feste Wurzel gefasst und Tausende fleissiger Arbeiter beschäftigt hat, so wenig wird dadurch der Werth der Phylogenie beeinträchtigt, welche zugleich das jüngste und das hoffnungsvollste Kind der wissenschaftlichen Morphologie ist.

Immerhin ist auch heute noch die Werthschätzung der Stammesgeschichte, sowohl in den engeren Kreisen der morphologischen Fachgenossen, als auch in den weiteren Kreisen der gebildeten Laien sehr verschieden, und namentlich gehen die Ansichten darüber weit auseinander, welchen Werth die empi-

rischen Urkunden der Phylogenie, und welche Sicherheit demgemäss die darauf gegründeten Hypothesen und Stammbäume besitzen. Daher erscheint es wohl angemessen, an diesem Orte einen prüfenden Blick auf die Urkunden der Stammesgeschichte zu werfen und zu fragen, wie weit wir uns beim Ausbau unserer phylogenetischen Hypothesen auf „handgreifliche That-sachen“ stützen können. Zwar haben wir unsere Ansichten über Werth und Bedeutung der verschiedenen „Schöpfungs-Urkunden“ schon in unserer „natürlichen Schöpfungsgeschichte“ (VI. Aufl., 15. Vortrag) und „Anthropogenie“ (III. Aufl., 15. Vortrag) ausgesprochen. Allein gerade in neuester Zeit gehen die Ansichten anderer Naturforscher darüber noch sehr auseinander und ist es daher nicht überflüssig, die einseitige Ueberschätzung oder Unterschätzung der wichtigsten Urkunden auf ihren wahren Werth zurückzuführen.

Im Grunde genommen giebt es eigentlich kein Gebiet der „Naturgeschichte“, welches uns nicht mehr oder minder werthvolle Urkunden für unsere Stammesgeschichte lieferte. Nicht allein alle Zweige der Morphologie, sondern auch verschiedene Zweige der Physiologie — z. B. die Chorologie, die Lehre von der geographischen und topographischen Verbreitung der Organismen — liefern uns That-sachen, welche wir mittelbar oder unmittelbar für die Phylogenie verwerthen können. Aber vor allen anderen Wissenschafts-Zweigen treten doch drei als die vornehmsten und wichtigsten Stammesurkunden in den Vordergrund: Die vergleichende Anatomie, Ontogenie und Paläontologie.

Als die zuverlässigste und nächstliegende aller Schöpfungs-Urkunden gilt noch heute vielfach die Paläontologie, die Versteinerungslehre. Denn die „Versteinerungen oder Petrefacten“ von Thieren und Pflanzen, die wir in den Sedimentgesteinen, d. h. in den aus dem Wasser abgelagerten Schichten unserer Erdrinde vorfinden, sind ja wirklich die versteinerten Reste oder Abdrücke von jenen längst ausgestorbenen Organismen, die vor Hunderttausenden und vor vielen Millionen von Jahren unseren Erdball bevölkerten. Unter diesen müssen sich also, der Entwicklungslehre entsprechend, theils die wirklichen Vorfahren der heute noch lebenden Thier- und Pflanzenarten,

theils nähere oder entferntere Verwandte jener ausgestorbenen Vorfahren befunden haben. Daher setzen denn auch viele Naturforscher, und namentlich solche, welche gern möglichst sicher und exact gehen wollen, aber auch solche, welche der Paläontologie ferner stehen, auf sie die grössten Hoffnungen und betrachten sie als die einzige zuverlässige Urkunde der Stammesgeschichte.

Wie höchst bedeutungsvoll und wichtig die Versteinerungen als die wirklichen „Denkmünzen der Schöpfung“ sind, das ist heute allgemein anerkannt. Sie allein belehren uns unmittelbar über das Auftreten und den historischen Formenwechsel der verschiedenen Thier- und Pflanzen-Klassen in der langen Reihenfolge der Schöpfungs-Perioden, die sich auf Millionen von Jahren beziffern. Sie allein zeigen uns handgreiflich, welchen Reichtum verschiedener Arten die einzelnen Gruppen des Thier- und Pflanzenreichs in den verschiedenen Abschnitten der Erdgeschichte enthalten. Sie allein setzen uns in den Stand, uns ein allgemeines Bild von der charakteristischen Physiognomie der Thier- und Pflanzen-Bevölkerung in den verschiedenen Geschichts-Epochen unseres Planeten zu entwerfen. Endlich werden wir auch allein durch die Versteinerungen darüber belehrt, wie die specielle Stammesgeschichte einzelner Arten und Gattungen, der detaillirte Stammbaum der Species und Genera, Stufe für Stufe und Zweig für Zweig zu verfolgen ist. So sind wir z. B. neuerdings durch überraschende paläontologische Entdeckungen in den Stand gesetzt worden, den Stammbaum unseres Pferdes bis zu tapirartigen Vorfahren hinab Schritt für Schritt zu erkennen. Ebenso können wir auch die Ahnen-Reihe unseres Rindes und unseres Schweines mit mehr oder minder Sicherheit eine Strecke weit speciell verfolgen. Auch die Stammesgeschichte vieler kalkschaligen Mollusken, namentlich der Ammoniten, ist so bis zu einem befriedigenden Grade der Sicherheit im Einzelnen erkannt worden.

Aber solche glänzende und handgreifliche phylogenetische Resultate der Paläontologie sind leider nur sehr seltene Ausnahmen, und im Allgemeinen können wir sagen, dass der phylogenetische Urkunden-Werth der Paläontologie weit überschätzt wird. Denn so werthvoll und unersetzlich diese

nächste und sicherste aller Schöpfungs-Urkunden einerseits an sich auch ist, so sehr verliert sie andererseits an Werth durch ihre ausserordentliche Unvollständigkeit. Diese beruht theils auf der Beschaffenheit der Organismen, theils auf derjenigen der Gesteine, in denen sie uns ihre versteinerten Reste und Abdrücke hinterlassen, theils auf der Natur des Versteinerungs-Processes selbst. Die grosse Mehrzahl aller organischen Formen ist so weich und zart, oder lebt unter solchen Verhältnissen, dass sie nur selten oder nie eine brauchbare Versteinerung hinterlassen kann. Ueber zahlreiche Classen von Thieren und Pflanzen, über die weichen Keime und Jugendzustände aller Organismen erfahren wir daher durch die Paläontologie Nichts oder fast Nichts. Aber auch die harten und festen Theile, welche allein der Versteinerung fähig sind, die Skelettheile, sind in den verschiedenen Thiergruppen von sehr verschiedenem Werthe. Daher sind uns z. B. die Versteinerungen der Wirbelthiere, Weichthiere und Sternthiere sehr werthvoll, während die versteinerten Ueberbleibsel und Abdrücke der meisten Insecten, Würmer und Pflanzenthier (die Korallen ausgenommen) von sehr geringer Bedeutung sind.

Zu diesen grossen Mängeln der paläontologischen Stammes-Urkunde kommt ferner noch der Umstand, dass alle älteren Sedimentgesteine, alle vor der silurischen und cambrischen Zeit abgelagerten Formationen, ganz oder grösstentheils durch den Einfluss des glühendflüssigen Erdinnern in einen krystallinischen Zustand versetzt oder „metamorphosirt“ sind, so dass sie nur sehr wenige (oder gar keine) erkennbaren Versteinerungen mehr enthalten. Daher dürfen wir von allen Ablagerungen der laurentischen Periode, jener ungeheuer langen Geschichts-Periode, in der die organische Welt sich zu entwickeln begann und bis zur Sonderung der grösseren Hauptgruppen des Thier- und Pflanzen-Reichs vorschritt, überhaupt keinen Aufschluss von den Versteinerungen erwarten, und solche laurentische Petrefacten, wie das bedeutungsvolle und vielbesprochene Eozoon, sind leider nur seltene Ausnahmen. Uebrigens finden sich auch in vielen anderen Formationen, welche zahlreiche Petrefacten enthalten, die letzteren in so schlechtem und unkenntlichem Erhal-

tungs-Zustände, dass sie für unsere Stammesgeschichte ohne Werth sind.

Diese und andere Verhältnisse, welche in der Natur der Organismen und des Versteinerungs-Processes, sowie in den Bedingungen der Gesteinbildung selbst begründet sind, drücken die Bedeutung der paläontologischen Schöpfungs-Urkunde ausserordentlich herab und nöthigen uns zu der Ueberzeugung, dass wir über die grosse Mehrzahl der Thier- und Pflanzen-Arten, die auf unserem Erdball gelebt haben, niemals etwas durch die Versteinerungen erfahren werden. Freilich ist bis jetzt kaum der grössere Theil von Europa und Nord-Amerika genauer in Bezug auf seine Petrefacten untersucht; die übrigen Erdtheile sind grösstentheils noch unerforscht, und wir dürfen erwarten, dass deren genauere paläontologische Untersuchung uns noch mit sehr vielen und wichtigen fossilen Resten bekannt machen wird. Aber in keinem Falle werden dieselben je im Stande sein, alle jene bedauerlichen Lücken auszufüllen und die ganze Stammesgeschichte auf ununterbrochene Reihen von Versteinerungen unerschütterlich fest zu begründen. Dazu bedürfen wir ganz anderer und überzeugenderer Stammes-Urkunden, und diese finden wir theils in der vergleichenden Anatomie, theils in der Ontogenie.

Die vergleichende Anatomie der Thiere und Pflanzen erkennt im innern Bau derselben gewisse charakteristische Verhältnisse, namentlich in der relativen Lagerung und Anordnung der Organ-Systeme, welche allen Angehörigen einer natürlichen Hauptgruppe, eines „Typus“, gemeinsam sind, trotz der grössten äusseren Formverschiedenheit. Die Zahl dieser Hauptgruppen oder „Typen“ ist im Thierreich wie im Pflanzenreich nur sehr gering; hier werden gewöhnlich nur drei bis vier, dort sechs bis acht Typen unterschieden. Nur innerhalb jedes Typus gilt eine strengere morphologische Vergleichung aller Körpertheile als zulässig; nur innerhalb jedes Typus spricht man von wahrer „Formverwandtschaft“. Diese innere und wesentliche Gemeinsamkeit des Körperbaues, welche in merkwürdigem Gegensatze zur Mannigfaltigkeit der äusseren Gestaltung steht, erklärte die ältere vergleichende Anatomie durch die mystische Annahme einer „Einheit des Bauplanes“ oder des Schöpfungsplanes. Seit der

Reform der Abstammungslehre hingegen erklären wir dieselbe ganz einfach und naturgemäss durch die gemeinsame Abstammung von einer Stammform. • Diese Stammform übertrug alle wesentlichen Characterzüge ihres inneren Körperbaues durch Vererbung mehr oder minder getreu auf sämtliche Nachkommen, während diese durch fortgesetzte Anpassung die mannigfaltigsten Verschiedenheiten in der äusseren Gestalt und in den unwesentlichen Structur-Verhältnissen erwarben. Jeder „Typus“ wird dadurch zu einem „Stamm oder Phylum“. Die typische Formverwandtschaft wird zur realen (durch Vererbung bedingten) Stammverwandtschaft. Der vergleichenden Anatomie aber fällt die Aufgabe zu, die wahre Formverwandtschaft von der scheinbaren zu unterscheiden, und nachzuweisen, wieviel von der Aehnlichkeit verwandter Formen durch Vererbung von gemeinsamen Stammformen, wieviel durch Anpassung an gleiche Lebens-Bedingungen zu erklären ist. Die morphologische Vergleichung sondert sich dadurch strenger in Homologie und Analogie. Homolog sind ähnliche Organe, welche aus einer und derselben gemeinsamen Stammform durch Umbildung zu verschiedenen Functionen entstanden sind; analog sind ähnliche Organe, welche aus verschiedenen Stammformen durch Anpassung an gleiche Functionen entstanden sind. Homolog sind die Brustflossen der Fische, die Flügel der Vögel, die Vorderbeine der Säugethiere und die Arme des Menschen; analog sind die Flügel der Vögel und der Insecten, oder die Flossen der Fische, der Krebse und der Flossenschnecken, oder die Vorderbeine der Säugethiere und Insecten.

Nun wissen wir schon lange, dass innerhalb jedes Typus oder Phylum (z. B. innerhalb des Wirbelthier-Stammes) lange Stufen-Reihen von niederen zu höheren, von unvollkommenen zu vollkommenen, von einfachen zu zusammengesetzten Formen hinführen. Welche lange Reihe fortschreitender Entwicklung aller Organe, z. B. vom niedersten bis zum höchsten Wirbelthiere, vom Amphioxus bis zum Menschen! Diese Stufenreihen sind aber nicht einfach, leiterförmig, sondern verzweigt, baumförmig, indem von den einfachen gemeinsamen Urformen aus sich die fortschreitende Vervollkommnung nach verschiedenen Richtungen hin in verschiedener Weise vollzieht. Diese baumförmige

Anordnung der verwandten Formen, welche das System der Thier- und Pflanzen-Gruppen unter der ordnenden Hand der vergleichenden Anatomie gewinnt, deutet nun die Entwicklungslehre in realer Weise als den Stammbaum derselben. Freilich ist dieser Stammbaum, der das natürliche System der Organismen darstellt, niemals mit absoluter Sicherheit, sondern immer nur annähernd festzustellen; das liegt jedoch in der Natur der Sache und vermindert den Werth desselben nicht.

Darüber gehen nun aber die Ansichten der verschiedenen Morphologen auch noch heutzutage sehr weit auseinander, welchen Werth die vergleichende Anatomie für den Aufbau des natürlichen Systems besitzt und wie weit sie berechtigt ist, dasselbe wirklich als hypothetischen Stammbaum zu gestalten. Einige schreiben ihr hier die höchste, andere die geringste Bedeutung zu, und noch andere, in der Mitte stehend, wollen ihr einen mittleren Grad von Glaubwürdigkeit beimessen. Das liegt wesentlich in der verschiedenen Begabung und Fassungskraft der betreffenden Morphologen. Beschränkte Köpfe und kurzsichtige Beobachter, die sich immer nur an die nächstliegenden und greifbaren Thatsachen halten, sind nicht im Stande grössere Massen von verwandten Form-Erscheinungen so zu überblicken, wie es die vergleichende Anatomie erfordert; sie können auch nicht das Wesentliche vom Unwesentlichen, das Bedeutende vom Zufälligen unterscheiden. Solche enge und kleine Geister (die dabei vortreffliche Special-Arbeiter und Handlanger der Wissenschaft sein können), werden die Bedeutung der vergleichenden Anatomie niemals würdigen und ihr die phylogenetische Anwendung mehr oder minder absprechen. Hingegen wird diese voll und ganz gewürdigt werden von philosophischen Köpfen und von gross angelegten Naturen, welche jenes ganze ungeheure Erscheinungs-Gebiet zu übersehen und dabei das Wesentliche vom Zufälligen zu scheiden im Stande sind. Diese werden die vergleichende Anatomie für die wichtigste von allen Urkunden der Stammesgeschichte halten und ihr beim Aufbau des natürlichen Systems die erste Stelle anweisen.

Aber auch diese Schöpfungs-Urkunde, so werthvoll sie unstreitig ist, hat ihre Mängel, und diese sind wieder zunächst in der Unvollständigkeit des Materials begründet; dann aber

auch in der Schwierigkeit, überall klar Homologie und Analogie zu unterscheiden. Sehr viele wichtige Verbindungs-Glieder zwischen heutigen Lebensformen sind längst ausgestorben und wir müssen die bestehende Lücke durch Vermuthungen ausfüllen. Sehr viele anatomische Form-Verhältnisse sind so verwickelt, dass sie überhaupt sehr schwer phylogenetisch zu erklären sind. So sehr wir daher auch die Bedeutung der vergleichenden Anatomie als wichtigster Stammes-Urkunde würdigen, und so sehr wir selbst der Ansicht sind, dass dieselbe kaum überschätzt werden kann, so sehr müssen wir doch andererseits vor einer ganz ausschliesslichen und einseitigen Verwendung derselben warnen. Und wenn neuerdings behauptet worden ist, dass der vergleichenden Anatomie in phylogenetischen Fragen überall das erste Wort und die entscheidende Stimme zukomme, so können wir diese Ansicht nicht theilen. Vielmehr sind wir der Ansicht, dass in vielen — und gerade in vielen der wichtigsten — Fragen von noch höherer Bedeutung und von entscheidendem Werthe die dritte unserer drei Haupt-Urkunden ist, die Ontogenie.

Die Ontogenie oder Keimesgeschichte, wie wir kurz die „individuelle Entwicklungsgeschichte“ nennen, wird in ihrem Werthe als Schöpfungs-Urkunde heute sehr oft in ähnlichem Maasse unterschätzt, wie die Paläontologie überschätzt wird. Ja wir erleben sogar das sonderbare Schauspiel, dass viele „Embryologen“, viele Special-Forscher, welche das Studium der Keimesgeschichte zu ihrer Hauptaufgabe gemacht haben, derselben jeden phylogenetischen Werth absprechen. Und doch wird derjenige, welcher diese Wissenschaft mit Verständniss betreibt, und welcher sich nicht mit der unterhaltenden Beobachtung der ontogenetischen Thatsachen begnügt, sondern nach ihren phylogenetischen Ursachen fragt, sicher zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Ontogenie zu den wichtigsten und bedeutungsvollsten Urkunden der Stammesgeschichte gehört. Aber freilich ist hier ebenso, wie bei der vergleichenden Anatomie, unerlässlich, die empirischen Forschungen mit philosophischem Geiste zu betreiben und inmitten der bunten Erscheinungs-Welt nach den gemeinsamen Grundzügen der mannigfaltigen Entwicklungsformen zu suchen. Hier wie dort ist es vor Allem erforderlich, das Wesentliche vom Unwe-

sentlichen, das Bedeutende vom Zufälligen scharf und klar zu trennen.

Die phylogenetische Bedeutung der Ontogenie — der Werth der Keimesgeschichte als Stammesurkunde — ist zunächst darin begründet, dass jeder Organismus bei seiner Entwicklung aus dem Ei eine Reihe von Formen durchläuft, welche in ähnlicher Reihenfolge seine Vorfahren im langen Verlaufe der Erdgeschichte durchlaufen haben. Die Keimesgeschichte gestaltet sich daher zum Miniaturbilde oder zum Auszuge der Stammesgeschichte. Diese Vorstellung bildet den Inhalt unseres biogenetischen Grundgesetzes, welches wir als das wahre „Grundgesetz der organischen Entwicklung“ an die Spitze der Entwicklungsgeschichte stellen müssen und welches wir als das höchste Erklärungs-Princip für deren Verständniss für unentbehrlich halten. Jeder Fortschritt in der Stammesgeschichte, den unsere Vorfahren durch Anpassung an neue Lebensbedingungen bewirkten, und der eine neue Ahnenform in's Dasein rief, wird durch Vererbung in der entsprechenden Keimesgeschichte noch heute wiederholt; und wie noch heute jedes organische Individuum aus einer einfachen Eizelle seinen Ursprung nimmt, so ist auch die gemeinsame Stammform aller Arten eines Stammes ursprünglich eine einfache Zelle gewesen.

Nun ist freilich nur in seltenen Fällen, nur bei wenigen niederen Organismen, die Wiederholung (oder Recapitulation) der Stammesgeschichte, die wir in der Keimesgeschichte mit Augen sehen, ganz vollständig. In der grossen Mehrzahl der Fälle ist diese Wiederholung stark abgekürzt, oft auch abgeändert und sehr häufig ganz verunstaltet. Das liegt daran, dass die jugendlichen Keime selbst von Anbeginn der Entwicklung an dem umgestaltenden Einflusse der äusseren Existenz-Bedingungen unterliegen und diesen sich anpassen. Durch diese „embryonalen Anpassungen“ werden ganz neue Bildungs-Elemente in den individuellen Entwicklungs-Lauf eingeführt, welche den ursprünglichen Entwicklungsgang mehr oder weniger abändern. Insbesondere findet sehr häufig — um so mehr, je höher sich der Organismus entwickelt — eine Abkürzung der ursprünglichen Wiederholung statt, indem einzelne oder viele Entwicklungsstufen ausfallen; anderemale freilich können auch

umgekehrt ganz neue Gestaltungen in die ererbte Gestalten-Kette eingeschaltet werden. Wir können alle diese späteren Abänderungen des ursprünglichen, palingenetischen Entwicklungsganges mit einem Wort kurz als „Fälschungen“, als cenogenetische Modificationen desselben bezeichnen.

καίνο - ?
κενο -

Demnach zerfallen alle Erscheinungen, welche wir im Laufe der individuellen Entwicklung der Thiere und Pflanzen, von der Eizelle an bis zur vollendeten Ausbildung der Gestalt, wahrnehmen, in zwei grosse Gruppen, in palingenetische (oder auszugsgeschichtliche) und in cenogenetische (oder fälschungsgeschichtliche) Thatfachen. Nur die ontogenetischen Thatfachen der Palingenie oder der „Auszugsgeschichte“ sind unmittelbar als Urkunden der Stammesgeschichte zu verwerthen und auf entsprechende Vorgänge in der Phylogenie zu beziehen. Hingegen haben die ontogenetischen Erscheinungen der Cenogenie oder der „Fälschungsgeschichte“ nicht nur keine solche phylogenetische Bedeutung, sondern sind gerade umgekehrt Irrlichter, deren falschem Scheine zu folgen wir uns wohl hüten müssen. Das biogenetische Grundgesetz müssen wir daher jetzt schärfer mit folgenden Worten formuliren: „Die Keimesgeschichte ist ein Auszug der Stammesgeschichte; um so vollständiger, je mehr durch Vererbung die Auszugsentwicklung beibehalten wird, um so weniger vollständig, je mehr durch Anpassung die Fälschungsentwicklung eingeführt wird.“ Wie das so formulirte Grundgesetz der organischen Entwicklung seine Verwendung findet, und wie wir mit seiner Hülfe aus den unmittelbar zu beobachtenden Erscheinungen der Keimesgeschichte die wichtigsten Schlüsse auf die hypothetischen Vorgänge der Stammesgeschichte ziehen können, das haben wir uns bemüht an dem Beispiele des Menschen in unserer „Anthropogenie“ nachzuweisen.

Wenn wir nun auch demgemäss die Ontogenie oder die Keimesgeschichte für die wichtigste und unentbehrlichste von allen Urkunden der Stammesgeschichte halten, so wollen wir damit doch keineswegs den hohen Werth schmälern, welchen auch die anderen Urkunden und vor allen die vergleichende Anatomie besitzen. Ohne die Hülfe der letzteren würden wir die Erschei-

nungen der Keimesgeschichte nicht entfernt so klar zu verstehen und so sicher zu verwerthen im Stande sein, wie es thatsächlich der Fall ist. Vergleichende Anatomie und Ontogenie ergänzen sich gegenseitig in der glücklichsten Weise und füllen ihre Lücken wechselseitig aus. Wenn daher neuerdings einige Morphologen ausschliesslich die vergleichende Anatomie und andere die vergleichende Keimesgeschichte als einzige sichere Urkunde der Stammesgeschichte betrachten, so müssen wir beide Standpunkte für gleich einseitig und mangelhaft halten. Nur durch volle und gleichmässige Berücksichtigung beider Haupturkunden werden wir in den Stand gesetzt, die Stammesgeschichte der Organismen zu erkennen. Freilich setzt das aber voraus, dass man mit den reichen empirischen Schätzen beider Wissenschaften gleichmässig vertraut ist, und das ist eben bei jenen einseitigen Naturforschern nicht der Fall.

Soviel steht gegenwärtig unzweifelhaft fest, dass uns für den Ausbau der Stammesgeschichte ein äusserst reichhaltiger Schatz von empirischen Urkunden, von sicheren Erfahrungskennntnissen zu Gebote steht, der nur gehoben und verwerthet zu werden braucht, um in seiner vollen Bedeutung erkannt zu werden. Nicht darum handelt es sich, neue und unbekannte Quellen für die Stammesgeschichte der Organismen — und also auch des Menschen — zu entdecken, sondern darum, die vorhandenen Quellen zu verstehen und auszubeuten. Reichere und bedeutungsvollere Quellen als die vergleichende Anatomie und Ontogenie werden niemals entdeckt werden, und mit ihrer Hülfe allein schon sind wir im Stande, die neue Wissenschaft der Phylogenie zu begründen, selbst wenn wir ganz auf die weniger bedeutenden Quellen verzichten, welche uns aus der Paläontologie, aus der Chorologie und anderen Hilfswissenschaften fliessen. Wenn aber Manche — und darunter selbst einzelne namhafte Naturforscher — meinen, dass die ganze Stammesgeschichte ein Luftschloss und die Stammbäume leere Phantasie-Spiele seien, so bekunden sie damit nur ihre Unkenntniss jener reichen empirischen Erkenntniss-Quellen.

Ziele und Wege der Phylogenie sind dieselben, wie die der Geologie. Und wie sich die „hypothetische“ Entwicklungsgeschichte der Erde auf Grund ihrer empirischen Urkunden

zu einem eben so festen als glänzenden wissenschaftlichen Hypothesen-Bau gestaltet hat, so wird dasselbe auch ihrer jüngeren Schwester, der Stammesgeschichte der Organismen gelingen. So wenig als die letztere, so wenig kann und wird sich auch jemals die erstere zu einer wirklich „exakten“ Naturwissenschaft gestalten. Denn die historischen Vorgänge, deren Zusammenhang beide Wissenschaften zu ergründen streben, haben sich viele Millionen von Jahren hindurch vollzogen und sind unserer unmittelbaren Beobachtung gänzlich entrückt. Daher sind sowohl die Geologie als die Phylogenie der Natur der Sache nach „historische Naturwissenschaften“. Aber der Hypothesen-Bau der letzteren wie der ersteren stützt sich auf eine Fülle der sichersten Urkunden. Und wie der Werth der geologischen Urkunden heute allgemein anerkannt und für die Entwicklungsgeschichte des Erdballs benutzt wird, so vollzieht sich auch täglich mehr die Anerkennung des unschätzbaren Werthes, welchen unsere morphologischen Urkunden für die Stammesgeschichte der Organismen besitzen.

Ueber
die heutige Entwicklungslehre
im Verhältnisse zur
Gesamtwissenschaft.

V o r t r a g
gehalten am 18. September 1877
in der ersten öffentlichen Sitzung der fünfzigsten Versammlung
Deutscher Naturforscher und Aerzte in München.

„Priester werden Messe singen,
Und die Pfarrer werden pred'gen;
Jeder wird vor allen Dingen
Seiner Meinung sich entled'gen,
Und sich der Gemeinde freuen,
Die sich um ihn her versammelt,
So im Alten wie im Neuen
Ohngefahre Worte stammelt.
Und so lasset auch die Farben
Mich nach meiner Art verkünden,
Ohne Wunden, ohne Narben,
Mit der lässlichsten der Sünden.“

Goethe.

Hochansehnliche Versammlung!

An dem festlichen Tage, der uns heute hier zur Eröffnung der fünfzigsten Deutschen Naturforscher-Versammlung vereinigt, darf vor Allem die universale Gesamtwissenschaft ihr Verhältniss zu unseren besonderen Forschungsgebieten geltend machen. Indem die Gebildeten aller Kreise den erstaunlichen Fortschritten der Naturforschung mit regster Theilnahme folgen, dürfen sie an einem solchen Tage mit besonderem Rechte die Frage aufwerfen, welche allgemeinen Ergebnisse dieselbe für das Gesamtgebiet der menschlichen Bildung geliefert hat. Wenn ich daher heute der ehrenvollen, mir gewordenen Aufforderung Folge leiste und mir Ihre geneigte Aufmerksamkeit für kurze Zeit erbitte, so glaube ich keinen passenderen Gegenstand für unsere gemeinsame Betrachtung wählen zu können, als das Verhältniss der Gesamtwissenschaft zu dem mir am nächsten liegenden Forschungszweige, der Entwicklungslehre.

Seit mehr als einem Decennium nimmt ja keine andere Lehre die allgemeine Theilnahme so lebhaft in Anspruch, keine andere greift so tief in unsere wichtigsten Ueberzeugungen ein, als die neu erstandene Entwicklungslehre und die damit verknüpfte monistische Philosophie. Denn einzig und allein durch sie ist „die Frage aller Fragen“ zu lösen, die fundamentale „Frage von der Stellung des Menschen in der Natur“. Wie der Mensch das Maass aller Dinge ist, so müssen natürlich auch die letzten Grundfragen und die höchsten Principien aller Wissenschaft von der Stellung abhängen, welche unsere fortgeschrittene Naturerkenntniss dem Menschen selbst in der Natur anweist.

Bekanntlich ist es Charles Darwin, welchem unsere heutige Entwicklungslehre diese beherrschende Stellung in

erster Linie verdankt¹⁾. Denn er war es, der vor 18 Jahren die starre Eisdecke der herrschenden Vorurtheile zuerst durchstiess, beseelt von demselben Grundgedanken einer einheitlichen Weltentwicklung, welcher vor hundert Jahren unsere grössten Denker und Dichter bewegte, an ihrer Spitze Immanuel Kant und Wolfgang Goethe²⁾. Durch Aufstellung seiner Selectionstheorie, der Lehre von der natürlichen Züchtung im Kampfe um's Dasein, vermochte Darwin namentlich den wichtigsten biologischen Theil der allgemeinen Entwicklungslehre fest zu begründen, die schon im Anfang unseres Jahrhunderts aufgetauchte Abstammungslehre oder Descendenz-Theorie. Vergeblich hatte damals die ältere Naturphilosophie den Kampf für letztere begonnen; weder Lamarck³⁾ und Geoffroy S. Hilaire in Frankreich, noch Oken und Schelling in Deutschland vermochten ihr zum Siege zu verhelfen. Es sind jetzt gerade fünfzig Jahre, seit Lorenz Oken hier in München seine akademischen Vorträge über Entwicklungslehre begann, und so ziemt es uns hier wohl heute, einen Lorbeerkranz auf das Grab dieses tiefblickenden Zoologen und begeisterten Philosophen zu legen. War es ja doch auch Oken, der von wissenschaftlichem Einheitsdrange beseelt 1822 von Jena aus die erste Deutsche Naturforscher-Versammlung zusammen berief, und dem schon deshalb der besondere Dank dieser fünfzigsten Versammlung gebührt⁴⁾.

Aber nur den allgemeinen Bauplan und den ersten Grundriss für den gewaltigen Bau der einheitlichen Entwicklungslehre vermochte damals die Naturphilosophie zu entwerfen. Die Bausteine zu seiner Ausführung sammelte erst der emsige Ameisenfleiss des folgenden halben Jahrhunderts. Eine ungeheure Literatur und eine bewunderungswürdige Vervollkommnung der Forschungsmethoden legt von den erstaunlichen Fortschritten der empirischen Naturkunde während dieses Zeitraums das glänzendste Zeugnis ab. Aber freilich führte auch die unermessliche Erweiterung des empirischen Beobachtungsfeldes und die dadurch bedingte specielle Arbeitstheilung oft zu einer verderblichen Zersplitterung der Kräfte; das höhere Ziel der Erkenntnis allgemeiner Gesetze wurde über dem näheren Interesse an der Beobachtung des Einzelnen meist ganz vergessen.

So konnte es geschehen, dass während der höchsten Blüthe dieser streng empirischen Naturforschung, vom Jahre 1830—1859, also volle dreissig Jahre hindurch, die beiden Hauptzweige der eigentlichen Natur-Geschichte von völlig entgegengesetzten Grundsätzen ausgingen. In der Entwicklungsgeschichte der Erde brach sich seit 1830, seit dem Erscheinen von Lyell's Principien der Geologie, immer allgemeiner die Ueberzeugung Bahn, dass unser Planet weder durch einen übernatürlichen Schöpfungsact entstanden, noch durch eine Reihe von totalen Revolutionen mystischen Ursprunges hindurchgegangen sei; dass vielmehr eine allmähliche ununterbrochene Entwicklung seine natürliche Ausbildung von Stufe zu Stufe bedingt habe. In der Entwicklungsgeschichte der lebendigen Erdbewohner hingegen behielt der alte vernunftwidrige Mythos allgemeine Geltung, wonach alle einzelnen Thier- und Pflanzen-Arten, gleich dem Menschen, unabhängig von einander erschaffen und eine Reihe solcher Schöpfungen ohne genetischen Zusammenhang auf einander gefolgt sei⁵). Der grelle Widerspruch zwischen beiden Lehren, zwischen der naturgemässen Entwicklungstheorie der Geologen und dem übernatürlichen Schöpfungsmythus der Biologen, wurde erst 1859 durch Darwin zu Gunsten der ersteren entschieden. Seitdem erkennen wir klar, dass die Gestaltung und Formenwandlung der lebendigen Bewohner unseres Erdballs denselben ewigen grossen Gesetzen mechanischer Entwicklung folgt, wie diejenige der Erde selbst und des ganzen Weltsystems.

Wir haben heute nicht mehr nöthig, wie es vor vierzehn Jahren auf der Naturforscher-Versammlung in Stettin geschehen musste, die Beweisgründe für Darwin's neue Entwicklungslehre zusammenzustellen⁶). In erfreulichster Weise hat sich seitdem die Erkenntniss ihrer Wahrheit allgemein Bahn gebrochen. In demjenigen Gebiete der Naturforschung, in welchem sich meine eigenen Arbeiten bewegen, im weiten Reiche der organischen Formenlehre oder Morphologie, ist sie bereits als wichtigste Basis überall anerkannt. Vergleichende Anatomie und Keimesgeschichte, systematische Zoologie und Botanik können die Abstammungslehre nicht mehr entbehren. Denn nur in ihrem Lichte sind die geheimnissvollen Beziehungen der

zahllosen organischen Formen zu einander wirklich zu erklären, d. h. auf mechanische Ursachen zurückzuführen. Ihre Aehnlichkeit ergibt sich als natürliche Folge der Vererbung von gemeinsamen Stammformen, ihre Verschiedenheit als nothwendige Wirkung der Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen. Nur durch die Abstammungslehre erklären sich ebenso einfach als naturgemäss die Thatsachen der Paläontologie, der Chorologie, der Oekologie⁷⁾; nur durch sie begreifen wir die Existenz der merkwürdigen rudimentären Organe, der Augen welche nicht sehen, der Flügel welche nicht fliegen, der Muskeln welche nicht bewegen; lauter unnütze Körpertheile, welche die früher geltende Teleologie auf's Schneidendste widerlegen. Denn sie beweisen auf's Klarste, dass die Zweckmässigkeit im Bau der organischen Formen weder allgemein noch vollkommen ist; dass sie nicht der Ausfluss eines zweckthätigen Schöpfungsplanes, sondern durch das zufällige Zusammentreffen mechanischer Ursachen mit Nothwendigkeit bewirkt ist⁸⁾.

Wer diesen überwältigenden Thatsachen gegenüber noch heute Beweise für die Descendenz-Theorie fordert, der beweist damit selbst nur seinen Mangel an Kenntnissen oder an Einsicht. Vollends verkehrt aber ist es, wenn man dafür exacte oder gar experimentelle Beweise verlangt. Diese oft gehörte Forderung entspringt dem weitverbreiteten Irrthum, dass alle Naturwissenschaft exact sein müsse; man stellt ja auch häufig alle anderen Wissenschaften unter dem Namen der „Geisteswissenschaften“ der ersteren gegenüber. Nun ist aber in Wahrheit nur der kleinere Theil der Naturwissenschaft exact, nämlich nur jener der durch Mathematik zu begründen ist; vor Allen also die Astronomie und überhaupt die höhere Mechanik, sodann der grösste Theil der übrigen Physik und der Chemie, auch ein guter Theil der Physiologie, aber nur ein sehr kleiner Theil der Morphologie⁹⁾. In diesem letzteren biologischen Gebiete sind die Erscheinungen viel zu verwickelt und zu variabel, als dass wir überhaupt die mathematische Methode anwenden könnten. Wenn auch die Forderung einer möglichst exacten, womöglich mathematischen Begründung für alle Wissenschaften im Princip bestehen bleibt, so ist sie doch für den weitaus grössten Theil der biologischen Wissensfächer unmöglich durch-

zuföhren. Hier tritt vielmehr an die Stelle der exacten, mathematisch-physikalischen die historische, die geschichtlich-philosophische Methode.

Vor Allem gilt das von der Morphologie. Denn das wissenschaftliche Verständniss der organischen Formen gewinnen wir nur durch ihre Entwicklungsgeschichte. Der grosse Fortschritt unserer Zeit auf diesem Gebiete besteht darin, dass wir Begriff und Aufgabe der Entwicklungsgeschichte unendlich weiter fassen als es bis auf Darwin allgemein geschah. Denn bis dahin verstand man darunter nur die Entstehungsgeschichte des organischen Individuums, die wir heute Keimesgeschichte oder Ontogenie nennen. Wenn der Botaniker die Entstehung der Pflanze aus dem Samenkorn, der Zoologe die Ausbildung des Thieres aus dem Ei verfolgte, so glaubte er mit der vollständigen Beobachtung dieser Keimesgeschichte seine morphologische Aufgabe gelöst zu haben. Die grössten Forscher im Gebiete der Entwicklungsgeschichte, Wolf, Baer, Remack, Schleiden, und die ganze von ihnen gebildete Embryologen-Schule, verstand bis vor Kurzem darunter ausschliesslich die individuelle Keimesgeschichte. Ganz anders heute, wo die Mysterien der wunderbaren Keimesgeschichte uns nicht mehr als unverständliche Räthsel gegenüberstehen, sondern ihre tiefe Bedeutung klar offenbart haben. Denn nach den Vererbungsgesetzen sind die Formwandlungen, welche der Keim unter unseren Augen in kürzester Frist durchläuft, eine gedrängte und abgekürzte Wiederholung der entsprechenden Formwandlungen, welchen die Vorfahren des betreffenden Organismus im Laufe vieler Millionen Jahre unterlagen. Wenn wir heute ein Hühner-Ei in die Brütmaschine legen und in 21 Tagen daraus ein Küchlein ausschlüpfen sehen, so staunen wir nicht mehr stumm die wundervollen Verwandlungen an, welche von der einfachen Eizelle zur zweiblättrigen Gastrula, von dieser zum wurmähnlichen und schädellosen Keime und von da zu weiteren Keimformen führen, die im Wesentlichen die Organisation eines Fisches, eines Amphibiums, eines Reptils und zuletzt erst des Vogels zeigen. Vielmehr schliessen wir daraus auf die entsprechende Formenreihe der Vorfahren, welche von der einzelligen Amoebe zur Stammform der Gastraea, und weiterhin

durch die Klassen der Würmer, Schädellosen, Fische, Amphibien, Reptilien bis zu den Vögeln geführt haben. Die Reihe der Keimformen des Hühnchens giebt uns so ein skizzenhaftes Bild von seiner wirklichen Ahnenreihe.

Den unmittelbaren ursächlichen Zusammenhang, welcher dergestalt zwischen der Keimesgeschichte des organischen Individuums und der Stammesgeschichte seiner Vorfahren besteht, formulirt unser biogenetisches Grundgesetz in dem kurzen Satze: Die Keimesgeschichte ist ein Auszug der Stammesgeschichte, bedingt durch die Gesetze der Vererbung¹⁰⁾. Nur dann erscheint dieser palingenetische Auszug wesentlich gestört, wenn durch Anpassung an die Bedingungen des embryonalen Lebens cenogenetische Veränderungen Platz gegriffen haben¹¹⁾.

Diese stammesgeschichtliche (oder phylogenetische) Deutung der keimesgeschichtlichen (oder ontogenetischen) Erscheinungen ist bis jetzt die einzige Erklärung der letzteren. Sie erhält aber die wichtigste Bestätigung und Ergänzung durch die Resultate der vergleichenden Anatomie und Paläontologie. Exact oder gar experimentell beweisen lässt sich das freilich nicht. Denn alle diese biologischen Disciplinen sind der Natur der Sache nach historische und philosophische Naturwissenschaften. Ihre gemeinsame Aufgabe ist die Erkenntniss von geschichtlichen Vorgängen, die sich im Laufe vieler Millionen Jahre, lange vor Entstehung des Menschengeschlechts, auf der Oberfläche unseres jugendlichen Planeten abgespielt haben. Die unmittelbare und exacte Erkenntniss derselben liegt also gänzlich ausser dem Bereiche der Möglichkeit.

Nur durch kritische Benutzung der historischen Urkunden, durch eben so umsichtige als kühne Speculation ist hier annähernde Erkenntniss mittelbar möglich. Die Stammesgeschichte benutzt diese Geschichts-Urkunden in derselben Weise und verwerthet sie nach derselben Methode, wie andere historische Disciplinen. Wie der Geschichtschreiber mit Hülfe von Chroniken, Biographien, Briefen uns ein anschauliches Bild einer längst verflossenen Begebenheit entwirft; wie der Archäologe durch das Studium von Bildwerken, Inschriften, Geräthschaften die Erkenntniss von den Culturzuständen eines längst

untergegangenen Volkes erwirbt, wie der Linguist durch vergleichende Untersuchung aller stammverwandten lebenden Sprachen und ihrer älteren Schriftdenkmäler uns deren Entwicklung und Ursprung aus einer gemeinsamen Ursprache nachweist; ganz ebenso gelangt heute der Naturhistoriker durch kritische Benutzung der phylogenetischen Urkunden, der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Paläontologie zur annähernden Erkenntniss der Vorgänge, welche im Laufe ungemessener Perioden den Formenwechsel des organischen Lebens auf unserer Erde veranlasst haben¹²⁾.

Die Stammesgeschichte der Organismen oder die Phylogenie lässt sich daher ebensowenig exact oder experimentell begründen, wie ihre ältere und begünstigtere Schwester, die Geologie. Der hohe wissenschaftliche Werth dieser letzteren ist aber trotzdem jetzt allgemein anerkannt. Nur der Unkundige lächelt heute noch ungläubig bei der Erklärung, dass die gewaltigen Gebirgsmassen der Alpen, deren schneebedeckte Kämme aus weiter Ferne uns entgegen leuchten, weiter nichts seien, als erhärteter Meeresschlamm. Die Structur dieser geschichteten Gebirge und die Beschaffenheit der darin eingeschlossenen Versteinerungen gestattet keine andere Erklärung; und doch lässt sie sich nicht exact beweisen. Ebenso nehmen jetzt alle Geologen übereinstimmend eine bestimmte systematische Reihenfolge der Gebirgsschichten, entsprechend ihrem verschiedenen Alter an; und doch ist dieses Schichtensystem nirgends auf der Erde vollständig vorhanden. Denselben Werth wie diese allgemein anerkannten geologischen Hypothesen dürfen aber auch unsere phylogenetischen Hypothesen beanspruchen. Der Unterschied ist nur der, dass der gewaltige Hypothesenbau der Geologie ungleich vollendeter, einfacher und leichter zu begreifen ist, als derjenige der jugendlichen Phylogenie¹³⁾.

So knüpfen jetzt diese historischen Naturwissenschaften, Geologie und Phylogenie, das einende Band zwischen den exacten Naturwissenschaften einerseits und den historischen Geisteswissenschaften anderseits. Die gesamte Biologie, insbesondere aber die systematische Zoologie und Botanik, wird dadurch zum Range einer wahren Natur-Geschichte erhoben, ein Ehrentitel, den diese Fächer längst führten, aber erst jetzt

verdienen. Wenn dieselben auch heute noch vielfach, sogar officiell¹⁴⁾, als „beschreibende Naturwissenschaften“ bezeichnet und den „erklärenden“ gegenüber gesetzt werden, so zeigt das nur, welchen falschen Begriff man bisher von ihrer wahren Aufgabe hatte. Seitdem das „natürliche System“ der Organismen als ihr Stammbaum erkannt ist, tritt an die Stelle der todtten beschreibenden Systematik die lebendige Stammesgeschichte der Klassen und Arten.

So hoch wir aber auch diesen ungeheuren Fortschritt der Morphologie anschlagen, so würde er doch allein nicht ausreichen, um die ausserordentliche Wirkung der heutigen Entwicklungslehre auf die Gesamtwissenschaft zu erklären. Diese beruht vielmehr, wie bekannt, auf einem einzigen speciellen Folgeschluss der Descendenz-Theorie, auf ihrer Anwendung auf den Menschen. Die uralte Frage von der Herkunft unseres eigenen Geschlechts wird dadurch zum ersten Male in naturwissenschaftlichem Sinne gelöst. Wenn überhaupt die Entwicklungslehre wahr ist, wenn es überhaupt eine natürliche Stammesgeschichte giebt, dann ist auch der Mensch, die Krone der Schöpfung, aus dem Stamme der Wirbelthiere hervorgegangen, aus der Klasse der Säugethiere, aus der Unterklasse der Placentalthiere, aus der Ordnung der Affen. Wenn schon Linné 1735 in seinem grundlegenden System der Natur den Menschen mit den Affen und Fledermäusen in der Ordnung der Primaten vereinigte, wenn alle folgenden Zoologen ihn nicht aus der Säugethier-Klasse zu entfernen vermochten, so lässt sich diese einstimmig anerkannte systematische Stellung phylogenetisch nur als Abstammung von jener Thierklasse deuten¹⁵⁾.

Vergeblich bleiben alle Versuche, diesen bedeutungsvollsten Folgeschluss der Entwicklungslehre zu erschüttern; vergeblich sucht man dadurch eine besondere Ausnahmestellung für den Menschen zu retten, dass man für ihn eine besondere, vom Wirbelthier-Stammbaum getrennte Ahnenlinie construirt. Die phylogenetischen Urkunden der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Paläontologie sprechen zu deutlich für eine einheitliche Abstammung aller Wirbelthiere von einer einzigen gemeinsamen Stammform, als dass wir heute noch

daran zweifeln könnten. Kein einziger vergleichender Sprachforscher hält es für möglich, dass so verschiedene Sprachen wie die deutsche, russische, lateinische, griechische, indische aus verschiedenen Ursprachen sich entwickelt haben. Vielmehr gelangen alle Linguisten durch kritische Vergleichung des Baues und der Entwicklung dieser verschiedenen Sprachen übereinstimmend zu der Ueberzeugung, dass sie alle aus einer einzigen arischen oder indogermanischen Ursprache hervorgegangen sind¹⁶). Ganz ebenso drängt sich allen Morphologen die feste Ueberzeugung auf, dass alle Wirbelthiere vom Amphioxus bis zum Menschen hinauf, alle Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugethiere ursprünglich von einem einzigen Urwirbelthier abstammen. Denn es ist undenkbar, dass alle die verschiedenen und höchst verwickelten Lebensbedingungen, welche durch eine lange Reihe von Entwicklungsprocessen zur typischen Wirbelthier-Bildung führten, mehr als einmal im Laufe der Erdgeschichte zufällig zusammengetroffen sind.

Da für unsere heutige Betrachtung nur die allgemeine Vorstellung vom Wirbelthier-Ursprung des Menschen wichtig ist, so wollen wir bei den einzelnen Ahnenstufen unseres Stammbaums nicht länger verweilen. Nur darauf möchten wir beiläufig noch hinweisen, dass mindestens die Hauptstufen desselben gegenwärtig schon als feststehend gelten¹⁷), Dank den gediegenen Arbeiten unserer ausgezeichnetsten Morphologen, vor Allen Gegenbaur und Huxley¹⁸). Freilich wird auch heute noch oft angenommen, dass damit bloss die Entstehung des menschlichen Körperbaues, nicht aber diejenige unserer Geistesthätigkeit erklärt sei. Diesem wichtigen Einwurfe gegenüber müssen wir vor Allem an die physiologische Thatsache erinnern, dass unser Seelenleben untrennbar an die Organisation unseres Central-Nervensystems geknüpft ist. Dieses letztere aber ist ebenso zusammengesetzt und entsteht ganz in derselben Weise, wie bei allen höheren Wirbelthieren. Auch sind nach Huxley's Untersuchungen die Unterschiede im Gehirnbau zwischen dem Menschen und den höheren Affen viel geringer, als die entsprechenden Unterschiede zwischen den höheren und niederen Affen. Da nun die Function oder Arbeit eines jeden Organes ohne das Organ selbst nicht denkbar ist,

und da sich die Function überall Hand in Hand mit dem Organ entwickelt, so sind wir auch zu der Annahme gezwungen, dass unsere Seelenthätigkeit sich im Zusammenhang mit der phylogenetischen Ausbildung unseres Gehirnes langsam und stufenweise entwickelt hat.

Uebrigens erscheint uns heute diese bedeutungsvolle „Seelenfrage“ in einem ganz anderen Lichte, als noch vor zwanzig, ja noch vor zehn Jahren. Gleichviel wie man sich auch den Zusammenhang von Seele und Leib, von Geist und Materie vorstellt, so geht so viel aus der heutigen Entwicklungslehre mit voller Klarheit hervor, dass mindestens alle organische Materie — wenn nicht überhaupt alle Materie — in gewissem Sinne beseelt ist. Zunächst hat uns die fortgeschrittene mikroskopische Untersuchung gelehrt, dass die anatomischen Elementartheile der Organismen, die Zellen, allgemein ein individuelles Seelenleben besitzen. Seitdem Schleiden vor vierzig Jahren in Jena die bedeutungsvolle Zellentheorie für das Pflanzenreich begründete und Schwann gleich danach sie auf das Thierreich übertrug, schreiben wir diesen mikroskopischen Lebewesen allgemein ein individuelles selbstständiges Leben zu; sie sind die wahren „Individuen erster Ordnung“, die „Elementar-Organismen“ nach Brücke. Die grossartige und höchst fruchtbare Anwendung, welche Virchow in seiner Cellular-Pathologie von der Zellentheorie auf das Gesamtgebiet der theoretischen Medicin gegeben hat, beruht ja eben darauf, dass die Zellen nicht mehr als die todtten, passiven Bausteine des Organismus, sondern als die lebendigen activen Staatsbürger desselben betrachtet werden.

Diese Auffassung wird endgiltig begründet durch das Studium der Infusorien, Amoeben und anderer einzelligen Organismen. Denn hier treffen wir bei den einzelnen, isolirt lebenden Zellen dieselben Aeusserungen des Seelenlebens, Empfindung und Vorstellung, Willen und Bewegung, wie bei den höheren, aus vielen Zellen zusammengesetzten Thieren! Nun ist aber eben so wohl bei diesen letzteren socialen Zellen, wie bei jenen ersteren Einsiedlerzellen das Seelenleben der Zelle an eine und dieselbe wichtigste Zellsubstanz, an das Protoplasma gebunden. Wir sehen sogar an den Moneren und anderen ein-

fachsten Organismen, dass einzelne abgelöste Stückchen des Protoplasma ebenso Empfindung und Bewegung besitzen, wie die ganze Zelle. Danach müssen wir annehmen, dass die Zellseele¹⁹⁾, das Fundament der empirischen Psychologie, selbst wieder zusammengesetzt ist, nämlich das Gesamtergebnat aus den psychischen Thätigkeiten der Protoplasma-Moleküle, die wir kurz Plastidule nennen. Die Plastidulseele²⁰⁾ wäre demnach der letzte Factor des organischen Seelenlebens.

Hat aber hiermit unsere heutige Entwicklungslehre ihre psychologische Analyse erschöpft? Keineswegs! Vielmehr lehrt uns die neuere organische Chemie, dass die eigenthümlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Elementes, des Kohlenstoffes, in seiner verwickelten Verbindung mit andern Elementen es sind, welche die eigenthümlichen physiologischen Eigenschaften der organischen Verbindungen, und vor Allen des Protoplasma bedingen. Die Moneren, bloss aus Protoplasma bestehend, schlagen hier die Brücke über die tiefe Kluft zwischen organischer und anorganischer Natur. Sie zeigen uns, wie die einfachsten und ältesten Organismen ursprünglich aus anorganischen Kohlenstoff-Verbindungen entstanden sein müssen. Wenn somit bei der Urzeugung eine bestimmte Anzahl Kohlenstoff-Atome sich mit einer Anzahl Atomen von Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel zu der Einheit eines Plastidules (oder Protoplasma-Moleküles) verbinden, so müssen wir die Plastidulseele, d. h. die Gesamtsumme seiner Lebensthätigkeiten, als das nothwendige Produkt aus den Kräften jener vereinigten Atome betrachten. Die Summe der centralen Atom-Kräfte aber können wir in consequent monistischem Sinne auch „Atom-Seele“ nennen²¹⁾. Durch zufälliges Zusammentreffen und mannigfaltige Verbindung der constanten unveränderlichen Atom-Seelen entstehen die mannigfaltigen höchst variablen Plastidul-Seelen, die molecularen Factoren des organischen Lebens.

Angelangt an dieser äussersten psychologischen Consequenz unserer monistischen Entwicklungslehre begegnen wir uns mit jenen alten Vorstellungen von der Beseelung aller Materie, welche schon in der Philosophie des Demokritos, Spinoza,

Bruno, Leibnitz, Schopenhauer einen verschiedenartigen Ausdruck gefunden haben. Denn alles Seelenleben lässt sich schliesslich auf die beiden Elementar-Functionen der Empfindung und Bewegung, auf ihre Wechselwirkung in der Reflexbewegung zurückführen. Die einfache Empfindung von Lust und Unlust, die einfache Bewegungsform der Anziehung und Abstossung, das sind die wahren Elemente, aus denen sich in unendlich mannigfaltiger und verwickelter Verbindung alle Seelenthätigkeit aufbaut. „Der Atome Hassen und Lieben“, Anziehung und Abstossung der Moleküle, Bewegung und Empfindung der Zellen, und der aus Zellen zusammengesetzten Organismen, Gedankenbildung und Bewusstsein des Menschen²²⁾ — das sind nur verschiedene Stufen des universalen psychologischen Entwicklungsprocesses.

Die Einheit der Weltanschauung (oder der „Monismus“) zu welcher uns die neue Entwicklungslehre demgemäss hinführt, löst den Gegensatz auf, welcher bisher zwischen den verschiedenen dualistischen Weltsystemen bestand. Sie vermeidet die Einseitigkeit des Materialismus, wie des Spiritualismus, sie verbindet den practischen Idealismus mit dem theoretischen Realismus, sie vereint Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft zu einer allumfassenden, einheitlichen Gesamtwissenschaft.

Indem wir so die heutige Entwicklungslehre als einigendes, einheitliches Bindemittel der verschiedenartigsten Wissenschaften anerkennen, gewinnt sie die höchste Bedeutung nicht nur für die reinen theoretischen, sondern auch für die practischen, angewandten Disciplinen. Weder die practische Medicin, als angewandte Naturwissenschaft, noch die practische Staatswissenschaft, Jurisprudenz und Theologie, insoweit sie Theile der angewandten Philosophie sind, werden sich fortan ihrem Einflusse entziehen können. Vielmehr sind wir der Ueberzeugung, dass sie sich auf allen diesen Gebieten als der bedeutendste Hebel ebenso der fortschreitenden Erkenntniss, wie der veredelten Bildung überhaupt bewähren wird. Da nun der wichtigste Angriffspunkt der letzteren die Erziehung der Jugend ist, so wird die Entwicklungslehre als das wichtigste Bildungsmittel auch in der Schule ihren berechtigten Einfluss

geltend machen müssen; sie wird hier nicht bloss geduldet, sondern maassgebend und leitend werden.

Wenn es uns schliesslich gestattet ist, mit einigen Worten wenigstens die wichtigsten Punkte dieses Verhältnisses anzudeuten, so dürfte wohl zunächst die hohe Bedeutung der genetischen Methode an sich zu betonen sein. Sowohl Lehrer wie Lernende werden jeden Gegenstand des Unterrichts mit unendlich grösserem Interesse und Verständniss betrachten, wenn sie sich vor Allem die Frage vorlegen: Wie ist das entstanden? Wie hat sich das entwickelt? Denn mit dieser Entwicklungsfrage ist ja zugleich die Frage nach den Ursachen der That-sachen gegeben; und schliesslich ist es ja immer die Erkenntniss der bewirkenden Ursachen, nicht die blosse Kenntniss der That-sachen, welche das stetige Causalitäts-Bedürfniss unserer Vernunft befriedigt. Die Erkenntniss gemeinsamer einfacher Ursachen für die verschiedensten verwickelten Erscheinungen führt ebenso zur Vereinfachung, wie zur Vertiefung unserer Bildung; nur durch causales Verständniss wird das todte Wissen zur lebendigen Wissenschaft. Nicht die Quantität der empirischen Kenntnisse, sondern die Qualität ihres ursächlichen Verständnisses ist der wahre Maassstab geistiger Bildung!

Wie weit die Grundzüge der allgemeinen Entwicklungslehre schon jetzt in die Schulen einzuführen sind, in welcher Reihenfolge ihre wichtigsten Zweige: Kosmogenie, Geologie, Phylogenie der Thiere und Pflanzen, Anthropogenie, in den verschiedenen Klassen zu lehren sind, das zu bestimmen müssen wir den praktischen Pädagogen überlassen. Wir glauben aber, dass eine weitgreifende Reform des Unterrichts in dieser Richtung unausbleiblich ist und vom schönsten Erfolge gekrönt sein wird. Wie unendlich wird z. B. der wichtige Sprach-Unterricht an Bildungswerth gewinnen, wenn derselbe vergleichend und genetisch betrieben wird! Wie wird sich das Interesse an der physikalischen Geographie steigern, wenn dieselbe genetisch mit der Geologie verknüpft wird! Wie wird die langweilige todte Systematik der Thier- und Pflanzen-Arten Licht und Leben gewinnen, wenn dieselben als verschiedene Zweige eines gemeinsamen Stammbaumes erklärt werden! Und welch' anderes Verständniss werden wir vor Allem von unserem eigenen Orga-

nismus erlangen, wenn wir denselben nicht mehr im trüben Zauberspiegel der Mythologie als das fingirte Ebenbild eines anthropomorphen Schöpfers, sondern im klaren Tageslichte der Phylogenie als die höchst entwickelte Form des Thierreichs erkennen; als einen Organismus, welcher im Laufe vieler Jahrmillionen sich allmählich aus der Ahnenreihe der Wirbelthiere hervorgebildet und alle seine Verwandten im Kampfe um's Dasein weit überflügelt hat!

Indem die Entwicklungslehre dergestalt befruchtend und fördernd auf alle Unterrichtszweige einwirkt, wird sie zugleich in Lehrern und Schülern das Bewusstsein ihres einheitlichen Zusammenhanges wecken. Als historische Naturwissenschaft wird sie vermittelnd und versöhnend zwischen die beiden entgegengesetzten Richtungen treten, welche heute um die Herrschaft in der höheren Schulbildung ringen: einerseits die ältere, classische, historisch-philosophische, andererseits die neuere, exacte, mathematisch-physikalische Richtung. Beide Bildungsrichtungen halten wir für gleich berechtigt und gleich unentbehrlich; der menschliche Geist wird seine volle harmonische Ausbildung nur dann erreichen, wenn beiden gleichmässig genügt wird. Wenn aber früher allgemein die classische Bildung zu ausschliesslich und einseitig bevorzugt wurde, so geschieht das neuerdings nur zu oft mit der exacten Bildung. Beide Uebergriffe führt die Entwicklungslehre auf ihr rechtes Maass zurück, indem sie als einendes Band zwischen exacte und classische, zwischen Natur- und Geistes-Wissenschaft tritt. Ueberall lehrt sie den lebendigen Fluss der zusammenhängenden, einheitlichen und ununterbrochenen Entwicklung. Ueberall zeigt sie dem eifrigen Forscher neue wissenschaftliche Ziele hinter den bereits erreichten und zieht so „leise den strebenden Geist näher zur Wahrheit hinan“. Die unendliche Perspective fortschreitender Vervollkommnung, welche uns die Entwicklungslehre so eröffnet, ist zugleich der beste Protest gegen das leidige „Ignorabimus“, welches ihr jetzt von vielen Seiten entgegen tönt. Denn Niemand kann vorhersagen, welche „Grenzen des Natur-Erkennens“ der menschliche Geist im weiteren Gange seiner erstaunlichen Entwicklung noch künftig überschreiten wird!²³⁾

Die weitaus wichtigste und schwierigste Anforderung, welche die practische Philosophie an die Entwicklungslehre stellt, scheint diejenige einer neuen Sittenlehre zu sein. Sicher wird nach wie vor die sorgfältige Ausbildung des sittlichen Characters, der religiösen Ueberzeugung, die Hauptaufgabe der Erziehung bleiben müssen. Nun hielten aber bisher die weitesten Kreise an der Ueberzeugung fest, dass diese wichtigste Aufgabe nur im Zusammenhange mit gewissen kirchlichen Glaubenssätzen zu lösen sei. Da nun diese Dogmen, namentlich in Verbindung mit uralten Schöpfungs-Mythen, den Erkenntnissen der Entwicklungslehre geradezu widersprechen, glaubte man durch die letztere auch Religion und Moral auf das höchste gefährdet zu sehen.

Diese Befürchtung halten wir für irrig. Sie entspringt aus der beständigen Verwechselung zwischen der wahren, vernunftgemässen Naturreligion und der dogmatischen, mythologischen Kirchenreligion. Die vergleichende Religionsgeschichte, ein wichtiger Zweig der Anthropologie, lehrt uns die grosse Mannigfaltigkeit der äusseren Hüllen kennen, in welche die verschiedenen Völker und Zeiten, ihrem individuellen Charakter und Bedürfniss entsprechend, den religiösen Gedanken einkleiden. Sie zeigt uns, dass die dogmatischen Lehren der Kirchenreligionen selbst in einem langsamen, ununterbrochenen Flusse der Entwicklung begriffen sind. Neue Kirchen und Secten entstehen, alte vergehen; im besten Falle hält sich eine bestimmte Glaubensform ein paar Jahrtausende, eine verschwindend kurze Zeitspanne in der Aeonen-Reihe der geologischen Perioden. Endlich lehrt uns auch die vergleichende Culturgeschichte, wie wenig wahre Sittlichkeit mit einer bestimmten kirchlichen Glaubensform nothwendig verknüpft ist. Oft geht die grösste Rohheit und Verwilderung der Sitten Hand in Hand mit der absoluten Herrschaft einer allmächtigen Kirche; man denke nur an das Mittelalter! Anderseits sehen wir die höchste Stufe sittlicher Vollkommenheit von solchen Männern erreicht, welche von jedem Kirchenglauben sich abgelöst haben.

Unabhängig von jedem kirchlichen Bekenntniss lebt in der Brust jedes Menschen der Keim einer echten Naturreligion;

sie ist mit den edelsten Seiten des Menschenwesens selbst untrennbar verknüpft. Ihr höchstes Gebot ist die Liebe, die Einschränkung unseres natürlichen Egoismus zu Gunsten unserer Mitmenschen und zum Besten der menschlichen Gesellschaft, deren Glieder wir sind. Dieses natürliche Sittengesetz ist viel älter als alle Kirchenreligion; es hat sich aus den socialen Instincten der Thiere entwickelt²⁴). Bei Thieren sehr verschiedener Klassen, vor Allen bei Säugethieren, Vögeln und Insecten, treffen wir die Anfänge desselben an. Nach den Gesetzen der Gesellung (Association) und der Arbeitstheilung vereinigen sich hier viele Personen zu der höheren Gemeinschaft eines Stockes oder Staates. Das Bestehen desselben ist mit Nothwendigkeit an die Wechselwirkung der Gemeindeglieder und an die Opfer geknüpft, welche dieselben auf Kosten ihres Egoismus dem Ganzen bringen. Das Bewusstsein dieser Nothwendigkeit, das Pflichtgefühl, ist nichts anderes, als ein socialer Instinct. Der Instinct ist aber immer eine psychische Gewohnheit, welche ursprünglich durch Anpassung erworben, dann aber im Laufe der Generationen erblich geworden ist und zuletzt „angeboren“ erscheint.

Um uns von der bewunderungswürdigen Macht des thierischen Pflichtgefühls zu überzeugen, brauchen wir bloss einen Ameisenhaufen zu zertrümmern. Da sehen wir sofort inmitten der Zerstörung Tausende eifriger Staatsbürger nicht mit Rettung ihres eigenen lieben Lebens beschäftigt, sondern mit dem Schutze des theuren Gemeinwesens, welchem sie angehören. Muthige Krieger des Ameisenstaates setzen sich zur kräftigen Gegenwehr gegen unseren eindringenden Finger; Pflegerinnen der Jugend retten die sogenannten „Ameisen-Eier“, die geliebten Puppen, auf denen die Zukunft des Staates beruht; emsige Arbeiter beginnen sofort mit unverdrossenem Muthe die Trümmerhaufen wegzuräumen und neue Wohnungen einzurichten. Die bewunderungswürdigen Culturzustände dieser Ameisen, der Bienen und anderer socialen Thiere haben sich aber ursprünglich ebenso aus den rohesten Anfängen entwickelt, wie unsere eigene menschliche Cultur.

Selbst jene zartesten und schönsten Regungen des menschlichen Gemüthslebens, die wir vorzugsweise poetisch verherr-

lichen, finden wir bereits im Thierreiche vorgebildet. Oder ist nicht die innige Mutterliebe der Löwin, die rührende Gattenliebe der Papageien („Inseparables“), die aufopfernde Treue des Hundes längst sprichwörtlich? Die edelsten Affecte des Mitgefühls und der Liebe, welche die Handlungsweise bestimmen, sind hier wie beim Menschen nichts anderes als veredelte Instincte. Anknüpfend an diese Auffassung hat also die Ethik der Entwicklungslehre keine neuen Grundsätze aufzusuchen, sondern vielmehr die uralten Pflichtgebote auf ihre naturwissenschaftliche Basis zurückzuführen. Lange vor der Entstehung aller Kirchen-Religion regelten diese natürlichen Pflichtgebote das gesetzliche Zusammenleben der Menschen, wie der socialen Thiere. Diese bedeutungsvolle Erkenntniss sollte sich die Kirchen-Religion zu Nutze machen, statt sie zu bekämpfen. Denn nicht derjenigen Theologie gehört die Zukunft, welche gegen die siegreiche Entwicklungslehre einen fruchtlosen Kampf führt, sondern derjenigen, welche sich ihrer bemächtigt, sie anerkennt und verwerthet.

Weit entfernt also, in dem Einflusse der Entwicklungslehre auf unsere religiösen Ueberzeugungen eine Erschütterung aller geltenden Sittengesetze und eine verderbliche Emancipation des Egoismus zu fürchten, hoffen wir davon vielmehr eine vernunftgemässe Begründung der Sittenlehre auf der unerschütterlichen Basis fester Naturgesetze. Denn mit der klaren Erkenntniss unserer wahren Stellung in der Natur eröffnet uns die Anthropogenie zugleich die Einsicht in die Nothwendigkeit unserer uralten socialen Pflichtgebote. Wie die theoretische Gesamtwissenschaft, so wird auch die praktische Philosophie und Pädagogik von nun an ihre wichtigsten Grundsätze nicht mehr aus angeblichen Offenbarungen, sondern aus den natürlichen Erkenntnissen der Entwicklungslehre ableiten. Dieser Sieg des Monismus über den Dualismus eröffnet uns den hoffnungsvollsten Fernblick auf einen unendlichen Fortschritt ebenso unserer moralischen wie unserer intellectuellen Entwicklung! In diesem Sinne begrüßen wir die heutige, von Darwin neu begründete Entwicklungslehre als die wichtigste Förderung unserer reinen und angewandten Gesamtwissenschaft!

Anmerkungen.

1) (S. 100.) Charles Darwin hat in seinem Hauptwerk („Ueber die Entstehung der Arten durch natürliche Züchtung“) 1859 bereits alle Hauptpunkte seiner eigenen Entwicklungslehre erörtert und klargestellt, mit Ausnahme ihrer Anwendung auf den Menschen, welche erst 1871 in dem Werke über „die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl“ folgte. Seine übrigen Schriften enthalten nur weitere Belegung und bestimmtere Ausführung der in jenem Hauptwerke niedergelegten Grundgedanken.

2) (S. 100.) Ueber das Verhältniss von Immanuel Kant zur Entwicklungslehre vergl. Fritz Schultze: „Kant und Darwin; ein Beitrag zur Geschichte der Entwicklungslehre 1875“. Ueber die Bedeutung, welche Wolfgang Goethe für die allgemeine Entwicklungslehre besitzt, vergl. meine „Natürliche Schöpfungsgeschichte“ (VI. Aufl. S. 73).

3) (S. 100.) Die Philosophie Zoologique von Lamarck (1809 erschienen, kürzlich von Arnold Lang in das Deutsche übersetzt) ist die einzige Schrift, welche vor Darwin (1809 geboren) das Gesamtgebiet der biologischen Entwicklungslehre im Zusammenhang und auf Grund der mechanischen Weltanschauung darzustellen unternahm; ein höchst grossartiger, wenn auch verfrühter Versuch.

4) (S. 100.) Lorenz Oken's Verdienste um die Entwicklungslehre werden gewöhnlich insofern einseitig beurtheilt, als man die phantastischen Auswüchse seiner naturphilosophischen Schriften in den Vordergrund stellt. Dem gegenüber darf daran erinnert werden, dass er nicht nur das fundamentale Princip der einheitlichen Entwicklung des Weltganzen festhielt, sondern auch die Grundgedanken der Zellentheorie und Protoplasma-Theorie antecipirte, und zuerst in unserem Jahrhundert die beobachtende Entwicklungsgeschichte wieder aufnahm (Untersuchungen über die Bildung des Darmkanals, 1806). Vergl. „Natürl. Schöpfungsgeschichte“ VI. Aufl. S. 86.

5) (S. 101.) Es gehört sicher zu den merkwürdigsten Erscheinungen in der Geschichte der Wissenschaft, dass thatsächlich die von Cuvier aufgestellte übernatürliche Katastrophenlehre sich noch volle dreissig Jahre hindurch in der mächtig emporblühenden Biologie halten konnte, trotzdem die entgegengesetzte natürliche Continuitätslehre von Lamarck schon 1809 begründet und seit 1830 durch Lyell in der Geologie zur Geltung gelangt war. Vergl. „Natürl. Schöpfungsgeschichte“ (VI. Aufl. S. 111, 115).

6) (S. 101.) Als ich vor 14 Jahren auf der 38. Naturforscherversamm-

lung in Stettin (am 19. September 1863) einen Vortrag über „die Entwicklungstheorie Darwin's“ hielt und damit dieselbe zum ersten Male zum Gegenstande der öffentlichen Besprechung in einer solchen Versammlung machte, wurde von der grossen Mehrheit ihr die Anerkennung entschieden versagt, die sie heute bei allen competenten Naturforschern bereitwillig findet. Vergl. das Vorwort zur vierten Aufl. der Natürl. Schöpfungsgeschichte.

7) (S. 102.) Chorologie (die Lehre von der geographischen und topographischen Verbreitung der Organismen) und Oekologie (die Lehre vom Haushalte, den Lebensgewohnheiten der Organismen und ihren Beziehungen zu einander) sind physiologische Disciplinen, welche zwar nicht so unmittelbar, wie die morphologischen, die Wahrheit der Descendenz-Theorie bezeugen, deren allgemeine Erscheinungen aber auch nur durch letztere erklärt werden können. (Vergl. den XIV. Vortrag der Natürl. Schöpfungsgeschichte.)

8) (S. 102.) Dysteleologie oder „Unzweckmässigkeitslehre“ nennen wir die Lehre von den rudimentären Organen deshalb, weil sie in einfacher und klarerer Weise als alle anderen Erscheinungen die weitverbreitete, in der dualistischen Philosophie herrschende Teleologie oder Zweckmässigkeitslehre widerlegt. Vergl. meine Generelle Morphologie, Bd. II, S. 266.

9) (S. 102.) Als „exacte“ Morphologie lässt sich z. B. die Krystallographie und die Promorphologie der Organismen bezeichnen; denn letztere sucht gleich der ersteren die realen Körperformen (dort der Krystalle, hier der organischen Individuen) auf geometrische ideale Grundformen zurückzuführen. Allein der bei weitem grössere Theil der Morphologie, und ebenso auch ein grosser Theil der Physiologie (z. B. Chorologie, Oekologie, Psychologie) sind der mathematischen Behandlung grösstentheils unzugänglich, mithin nicht exact.

10) (S. 104.) Das biogenetische Grundgesetz lautet in schärferer Fassung folgendermaassen: „Die Keimesentwicklung (Ontogenesis) ist eine gedrängte und abgekürzte Wiederholung der Stammesentwicklung (Phylogenesis); und zwar ist diese Wiederholung um so vollständiger, je mehr durch beständige Vererbung die ursprüngliche Auszugsentwicklung (Palingenesis) beibehalten wird; hingegen ist die Wiederholung um so unvollständiger, je mehr durch wechselnde Anpassung die spätere Fälschungsentwicklung (Cenogenesis) eingeführt wird.“ (Vergl. meine „Anthropogenie“, III. Aufl. S. 11.)

11) (S. 104.) Die cenogenetischen „Fälschungen“ (oder Störungen), welche in dem ursprünglichen palingenetischen Entwicklungsgange durch Anpassung der Embryonen an die embryonalen Existenz-Bedingungen herbeigeführt werden, sind zum grossen Theile Verschiebungen der örtlichen und zeitlichen Entwicklungsverhältnisse (Heterotopien und

Heterochronien), zum andern Theil embryonale Neubildungen (z. B. Bildung der Eihüllen, des Dottersacks u. s. w.).

12) (S. 105.) Der historische Character der morphologischen Naturwissenschaften (vor allen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie, wie der Paläontologie) kann nicht genug betont werden; möglichst exacte Beschreibung der empirischen Thatsachen ist natürlich hier, wie auch in jeder historischen Wissenschaft zu fordern; aber diese Wissenschaften selbst können niemals exact werden.

13) (S. 105.) Geologie und Phylogenie verfolgen nicht allein verwandte Ziele, sondern bedienen sich auch derselben Methoden. In beiden Disciplinen gilt es, durch denkende Vergleichung zahlreicher einzelner Thatsachen, kritische Beurtheilung ihrer historischen Bedeutung und speculative Ergänzung der empirischen Lücken den zusammenhängenden historischen Entwicklungsgang (dort der Erde, hier ihrer Bewohner) herzustellen. Vergl. Anthropogenie (III. Aufl. S. 329, 382).

14) (S. 106.) Beschreibende Naturwissenschaften heissen noch heute officiell (z. B. in Preussischen Prüfungs-Reglements) die biologischen Disciplinen im Gegensatze zur Physik und Chemie. An sich schon enthält diese Bezeichnung eine *Contradictio in adjecto*; denn eine wirkliche Wissenschaft kann niemals bloß beschreibend sein; ausserdem aber ist in der Botanik und Zoologie so gut wie in der Physik und Chemie, in der Morphologie so gut wie in der Physiologie, die empirische Beschreibung der Thatsachen nur die Voraussetzung, ihre causale Erklärung hingegen das philosophische Ziel der Wissenschaft.

15) (S. 106.) Die Abstammung des Menschen von anderen Säugethieren, und zunächst von catarrhinen Affen, ist ein Deductions-Gesetz, welches mit Nothwendigkeit aus dem Inductions-Gesetze der Descendenz-Theorie folgt. „Natürl. Schöpfungsgeschichte“ VI. Aufl. S. 648.

16) (S. 107.) August Schleicher, die Darwin'sche Theorie und die Sprachwissenschaft. 1863. Die Vergleichung der Phylogenie mit der „vergleichenden Sprachforschung“ ist auch in anderer Beziehung sehr lehrreich. Vergl. „Anthropogenie“ (III. Aufl. S. 392).

17) (S. 107.) Die Ahnenreihe des Menschen, wie sie die „Anthropogenie“ (im XVI.—XIX. Vortrage) entwirft, ist nicht mehr und nicht minder wissenschaftlich berechtigt, wie jede andere phylogenetische und geologische Hypothese, wenn auch die verschiedenen Ahnenstufen ungleich sicher zu begründen sind. Wenn Du Bois-Reymond („Darwin versus Galiani“, 1876) meint, „die von der Schöpfungsgeschichte entworfenen Stammbäume unseres Geschlechts seien etwa ebenso viel werth, wie in den Augen der historischen Kritik die Stammbäume Homerischer Helden“, so beweist er damit nur seine auffallende Unbekanntschaft mit den morphologischen Forschungen, auf welche jene Stammbäume sich gründen.

Wenn derselbe ebenda die Phylogenie „einen Roman“ nennt, so muss er auch die Geologie so nennen.

18) (S. 107.) Für die Erkenntniss der Wirbelthier-Ahnen des Menschen sind von grösster Bedeutung die ebenso gründlichen als kritischen „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere“ von Carl Gegenbaur. (Vergl. auch dessen „Grundzüge der vergleichenden Anatomie“.)

19) (S. 109.) „Zellseele“ in monistischem Sinne ist die Gesamtheit der Spannkkräfte, die im Protoplasma aufgespeichert sind. Die Zellseele ist also an ihren Protoplasma-Leib ebenso unzertrennlich gebunden, wie die menschliche Seele an das Gehirn und Rückenmark.

20) (S. 109.) Plastidul-Seele. Die „Plastidule“ oder Protoplasma-Moleküle, die kleinsten gleichartigen Theile des Protoplasma, sind nach unserer Plastiden-Theorie als die activen Factoren aller Lebensthätigkeiten zu betrachten. Die Plastidul-Seele unterscheidet sich von der anorganischen Molekül-Seele durch den Besitz des Gedächtnisses. Vergl. meine „Plastiden - Theorie“ (in den „Studien über Moneren und andere Protisten“, 1872), sowie den vorhergehenden Vortrag über die „Perigenesis der Plastidule oder Wellenzeugung der Lebenstheilchen.“

21) (S. 109.) Atom-Seele. Die neueren Streitigkeiten über die Beschaffenheit der Atome, die wir in irgend einer Form als letzte Elementar-Factoren aller physikalischen und- chemischen Processe anerkennen müssen, scheinen am einfachsten durch die Annahme gelöst zu werden, dass diese kleinsten Massentheilchen als Kraftcentra eine constante Seele besitzen, dass jedes Atom mit Empfindung und Bewegung begabt ist. Vergl. auch Gustav Tschermak, die Einheit der Entwicklung in der Natur, Wien 1876; und Zöllner; über die Natur der Kometen, Leipzig 1872.

22) (S. 110.) Das Bewusstsein wird seit dem Vortrage, den E. Du Bois-Reymond 1872 auf der 45ten Deutschen Naturforscher-Versammlung zu Leipzig hielt, sehr allgemein als eine unübersteigliche Grenze des Naturerkennens angesehen, und zwar als eine zweite, welche von der ersten Grenze (dem Zusammenhang von Materie und Kraft) verschieden sei. Unzweifelhaft sind aber diese beiden Grenzen in Wahrheit eine und dieselbe, obgleich Du Bois-Reymond meint, dass „wir auch in diesem Punkte nicht zur Klarheit kommen, und alles weitere Reden darüber müssig bleibe“ (l. c. p. 33). So wenig wir heute auch im Stande sind, das Wesen des Bewusstseins völlig zu erklären, so lässt doch die vergleichende und genetische Betrachtung des Bewusstseins klar erkennen, dass dasselbe nur eine höhere und zusammengesetztere Function der Nervenzellen ist.

23) (S. 112.) Das „Ignorabimus“, welches E. Du Bois-Reymond

in dem eben citirten Vortrage (Note 22) dem Fortschritt unserer Erkenntniss entgegenhält, wird jetzt bei jeder Gelegenheit von den Gegnern der Entwicklungslehre als „Testimonium paupertatis“ der Naturwissenschaft angerufen. Wir wollen daher auch hier (wie bereits in dem Vorwort zur „Anthropogenie“) ausdrücklich dagegen protestiren. Denn gerade die Entwicklungslehre des Seelenlebens zeigt uns, wie dasselbe von der niederen Stufe der einfachen Zellseele durch eine erstaunliche Reihe von allmählichen Entwicklungsstufen sich bis zur Menschenseele emporgearbeitet hat. Niemand ist daher zu der Behauptung berechtigt, dass wir die heute unübersteiglich scheinenden Erkenntniss-Schranken in Zukunft nicht doch überschreiten werden. Darwin sagt in der Einleitung zu seiner „Abstammung des Menschen“: „Es sind immer diejenigen, welche wenig wissen, und nicht die, welche viel wissen, welche positiv behaupten, dass dieses oder jenes Problem nie von der Wissenschaft werde gelöst werden.“

24) (S. 114.) Die socialen Instincte der Thiere sind neuerdings von verschiedenen Seiten mit vollem Rechte als die Urquellen der Moral auch für den Menschen in Anspruch genommen worden. Die Gesetze der Association und Arbeitstheilung bewirken hier wie dort die Wechselwirkung der vereinigten Individuen, welche zum Pflichtgefühl führt. Demnach wird auch die Culturgeschichte der Thiere, ein noch fast unbebautes Feld der Zoologie, jetzt die Aufgabe haben, die Culturzustände der Ameisen, Bienen und anderer gesellig lebender Thiere in ähnlicher Weise aus niederen rohen Verhältnissen historisch abzuleiten, wie das auch die Aufgabe der menschlichen Culturgeschichte ist.

Ueber Ursprung und Entwicklung der Sinneswerkzeuge.

V o r t r a g

gehalten am 25. März 1878
im „Wissenschaftlichen Club“ zu Wien.

„Was man an der Natur Geheimnissvolles pries,
Das wagen wir verständig zu probiren,
Und was man sonst organisiren liess,
Das lassen wir krystallisiren.“

Goethe.

Wenn die Erkenntniss der geschichtlichen Entwicklung heute mit Recht als der sicherste Weg zum wahren Verständniss der organischen Naturkörper betrachtet wird, so gilt das vor Allem von denjenigen Organen, welche durch ihre verwickelte Zusammensetzung einem zweckmässigen Bauplan ihren Ursprung zu verdanken scheinen. Eine solche planmässige und künstliche Einrichtung tritt uns nirgends so auffallend entgegen, wie bei unseren Sinneswerkzeugen. Der herrliche Prachtbau unseres Auges, das bewunderungswürdige Labyrinth unseres Ohres finden nicht ihres Gleichen in anderen organischen Bildungen; sie sind daher stets die auserkorenen Lieblinge der anatomischen und physiologischen Forschung gewesen. Auch ist diese Vorliebe zugleich gerechtfertigt durch die unvergleichliche Bedeutung dieser wichtigsten Geistes-Instrumente. Denn die Sinneswerkzeuge sind die einzigen Ursprungsquellen aller Erkenntniss, sie sind die einzigen Thore, durch welche die Aussenwelt ihren Einzug in unser inneres Geistesleben hält. Daher hat auch stets die speculative Philosophie gerade für diesen Theil der Biologie ein besonderes Interesse gehegt und ist hier in die regste Wechselwirkung mit der empirischen Naturforschung getreten.

Wenn nun die heutige Entwicklungslehre auf der festen, von Darwin gegebenen Grundlage den Anspruch erhebt, den Ursprung und die Entstehung der Sinneswerkzeuge in gleicher Weise, wie diejenige der übrigen Organe, durch den langsamen und allmählichen Entwicklungsprozess der natürlichen Züchtung zu erklären, so darf sie sich von vornherein auf die grössten Schwierigkeiten gefasst machen. Zur Ueberwindung derselben ist zunächst wohl nichts geeigneter, als ein flüchtiger Seitenblick auf die individuelle Keimesgeschichte. Denn wenn wir sehen,

dass in jedem einzelnen Thierkörper diese Organe nicht von Anfang an da sind, sondern sich langsam und allmählich entwickeln, so dürfte diese wichtige keimesgeschichtliche Thatsache wohl geeignet sein, uns auch den Weg zur Lösung der viel schwierigeren und dunkleren Frage nach der stammesgeschichtlichen Entwicklung derselben zu ebenen.

Um uns von jener wichtigen Thatsache zu überzeugen, brauchen wir bloss ein Hühnerei in die Brütmaschine zu legen, und in dem kurzen Zeitraum von drei Wochen die Ausbildung des einfachen Hühnerkeims zum vollkommenen Küchlein Schritt für Schritt zu verfolgen. Da können wir denn durch unmittelbare Beobachtung feststellen, dass das Auge, das Ohr, und ebenso die niederen Sinneswerkzeuge des Geruches und Geschmacks, im Beginne der Keimes-Entwicklung noch gar nicht vorhanden sind, sondern dass sie erst später auftreten und dann von einer höchst einfachen indifferenten Anlage aus, durch eine Reihe der wunderbarsten Verwandlungen hindurch, allmählich zu ihrer späteren Zusammensetzung und Gestalt gelangen. Zuerst wurde diese grundlegende Thatsache vor fünfzig Jahren von C. E. v. Baer festgestellt, dem grossen Embryologen, der die Geschichte des bebrüteten Hühnereies zu einer der wichtigsten Erkenntniss-Quellen gestaltete. Dann war es aber vor allen Anderen der geistreiche Biolog Emil Huschke in Jena, der nur wenige Jahre später (1830) mit grösster Sorgfalt die erstaunlichen Einzelheiten jener wichtigen Vorgänge näher verfolgte. Auf seine glänzenden Entdeckungen gestützt, haben zahlreiche Beobachter in neuerer und neuester Zeit dieselben bis zu einem bewunderungswürdigen Grade der Genauigkeit ergründet. Als allgemeines Endergebniss hat sich schliesslich herausgestellt, dass beim Menschen und bei allen Thieren die Sinneswerkzeuge überall wesentlich in derselben Weise entstehen, nämlich als Theile der äusseren Körperbedeckung, der Oberhaut. Die äussere Hautdecke ist das ursprüngliche und universale Sinnesorgan, und erst allmählich schnüren sich die höheren Sinneswerkzeuge von dieser ihrer Ursprungsstätte ab, indem sie sich mehr oder weniger in das geschützte Innere des Körpers zurückziehen. Aber bei vielen niederen Thieren bleiben sie selbst zeitlebens in der äusseren

Hautdecke liegen, so z. B. bei Würmern. (Fig. 1.)

Nun beruht aber die Thätigkeit der Sinnesorgane, wie aller anderen Organe des menschlichen und des Thierkörpers lediglich auf der Thätigkeit der mikroskopischen Zellen, welche dieselben zusammensetzen. Diese kleinen „Zellen“ sind ja die wahren, selbstständigen „Elementar-Organismen“, deren Funktionen in ihrer Gesamtheit vereinigt das „Leben“ des ganzen vielzelligen Organismus bedingen. Daher sind auch bei jedem Sinneswerkzeug das Wichtigste die Sinneszellen, welche die verschie-

denen sinnlichen Empfindungen vermitteln; die Sehzellen des Auges, die Hörzellen des Ohres, die Riechzellen der Nase, die Schmeckzellen der Zunge u. s. w. Wenn nun wirklich, wie wir jetzt wissen, alle verschiedenen Sinnesorgane bloss eigenthümlich ausgebildete und umgebildete Theile der äusseren Hautdecke sind, so müssen auch alle jene verschiedene Sinneszellen

Nervensystem und Sinnesorgane eines Plattwurmes (Turbellaria). Von dem einfachen Nervenknotten oder Gehirn (*g*) strahlen zweierlei Nerven aus; die (centripetalen) Empfindungs-Nerven (*s*) gehen zur Haut (*h*), zu den Fühlern (*t*), zu den Hörbläschen (*o*) und Augen (*a*); die (centrifugalen) Bewegungs-Nerven (*m*) gehen zum Fleisch, zu der unter der Haut gelegenen Muskelschicht (*f*). *w* Wimpern der Haut.

Fig. 1.

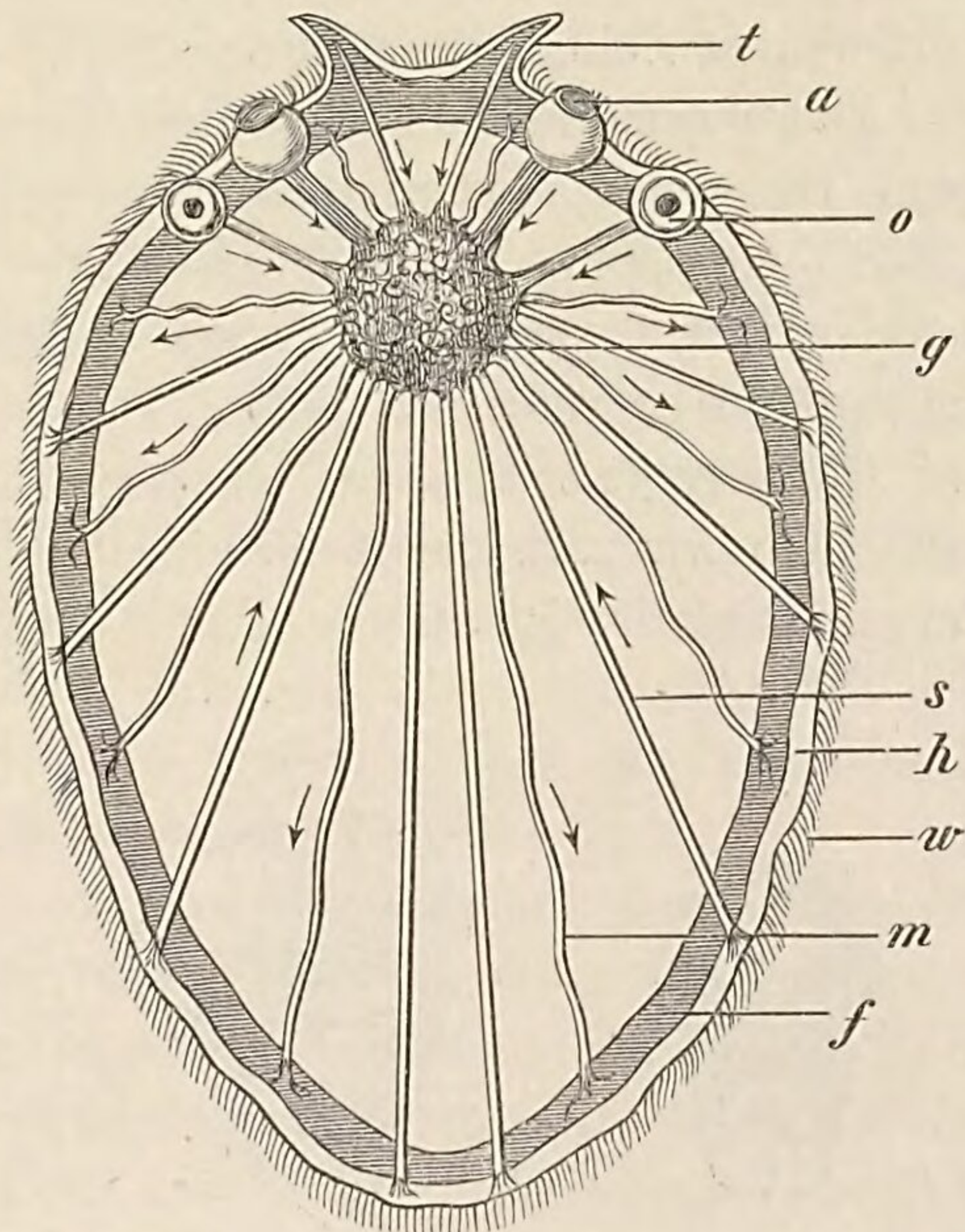
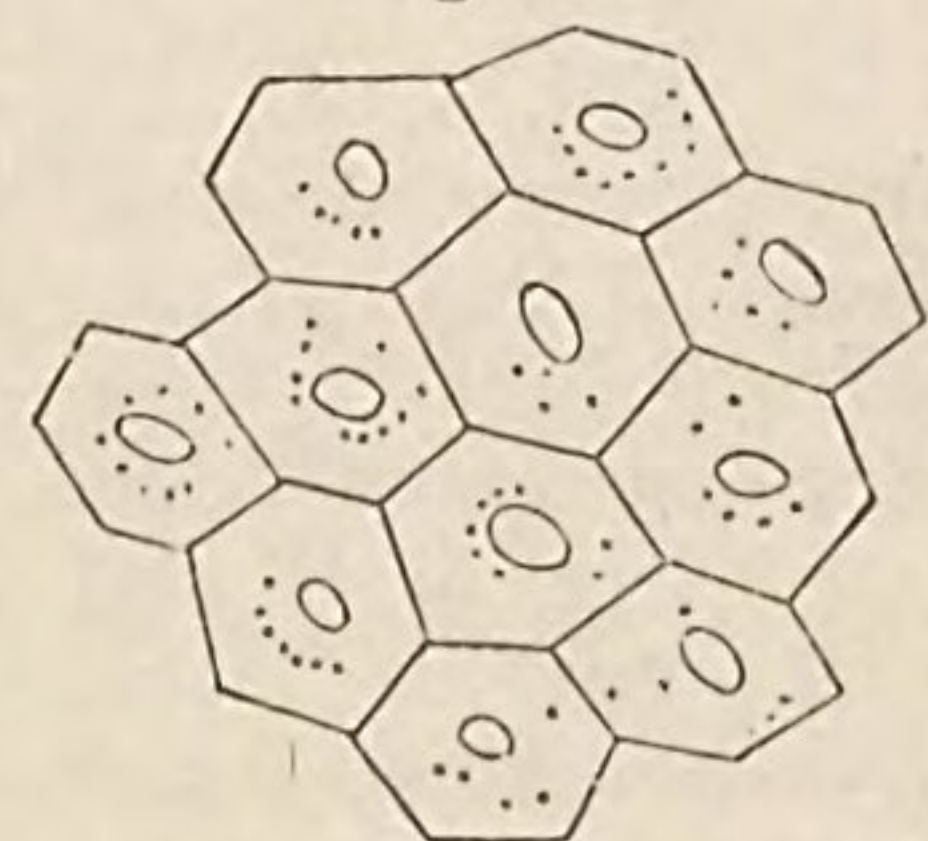


Fig. 2.



Oberhaut-Zellen eines menschlichen Embryo von zwei Monaten.

len abstammen; in der That sind sie sämmtlich umgebildete, verschiedenartig ausgebildete Abkömmlinge von gewöhnlichen indifferenten Zellen der Oberhaut. (Fig. 2.)

Diese grundlegende Thatsache, deren Bedeutung nicht hoch genug angeschlagen werden kann, ist jetzt unzweifelhaft festgestellt. Jedermann kann sich mit Hülfe eines guten Mikroskopes und der vervollkommeneten Untersuchungs-Methoden der Gegenwart am bebrüteten Hühnerei selbst davon überzeugen, dass alle Sinnesorgane aus der äusseren Hautdecke hervorgehen. Betrachten wir z. B. den Keim eines Hühnchens am dritten und vierten Tage der Bebrütung (Fig. 3—7), so bemerken wir, dass

Fig. 3.



Fig. 4.

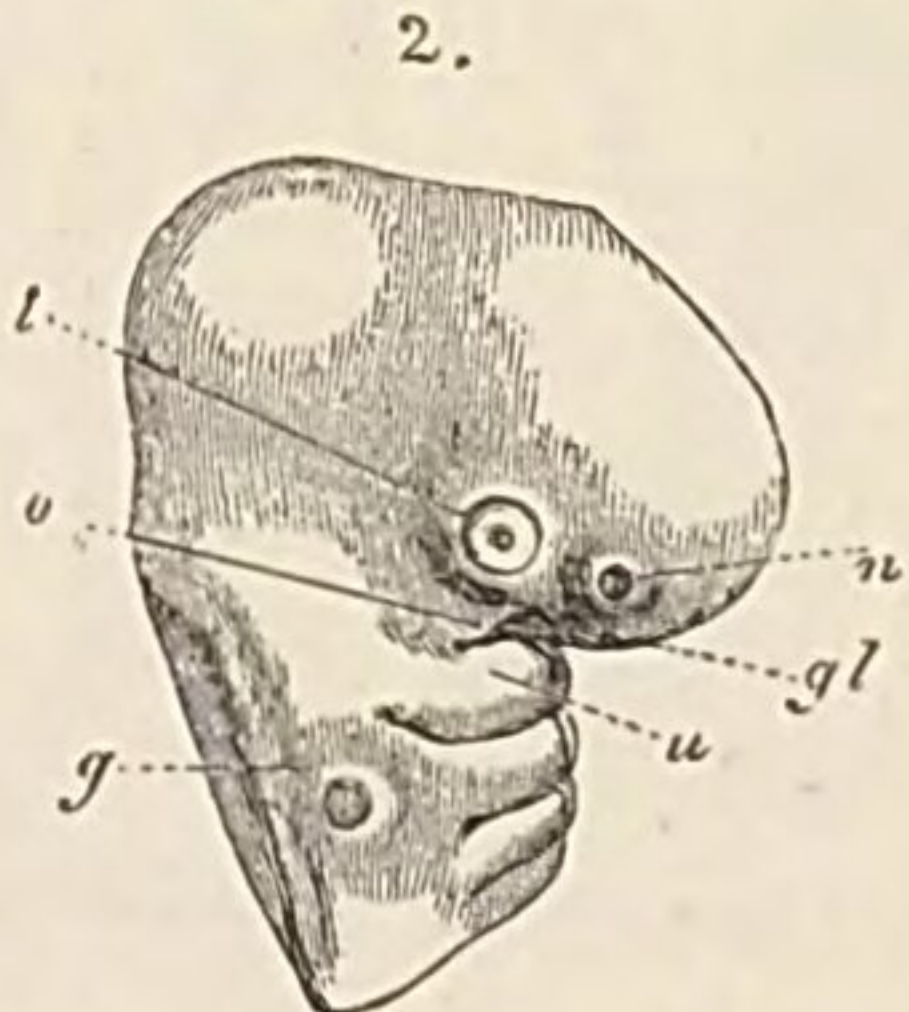


Fig. 5.

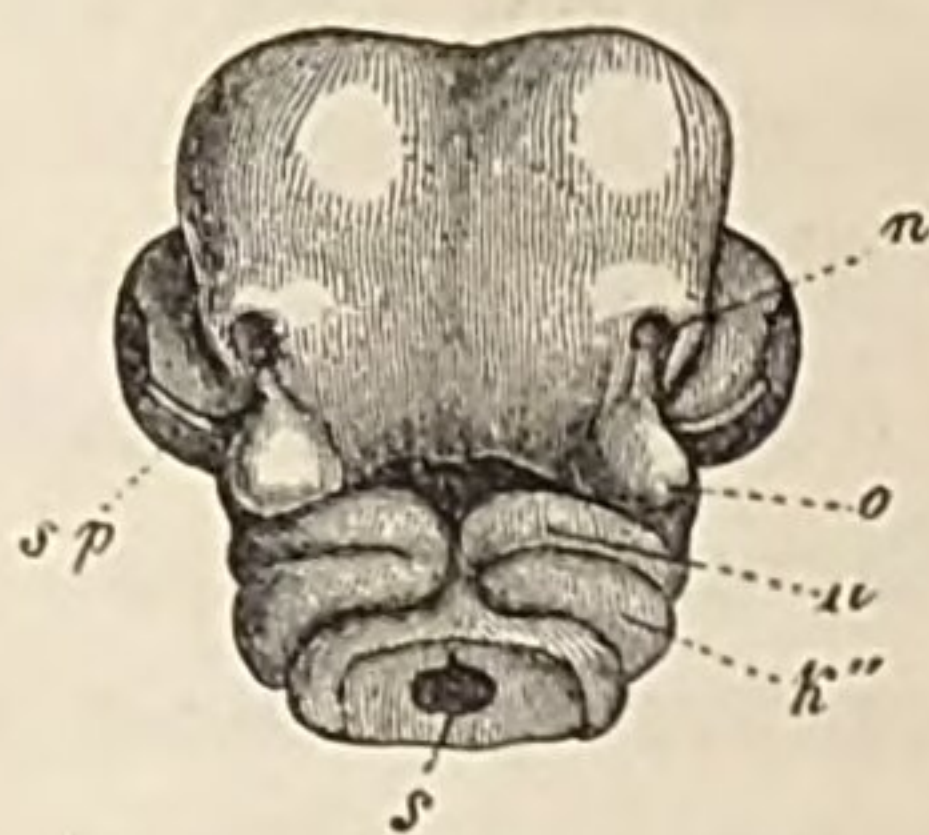
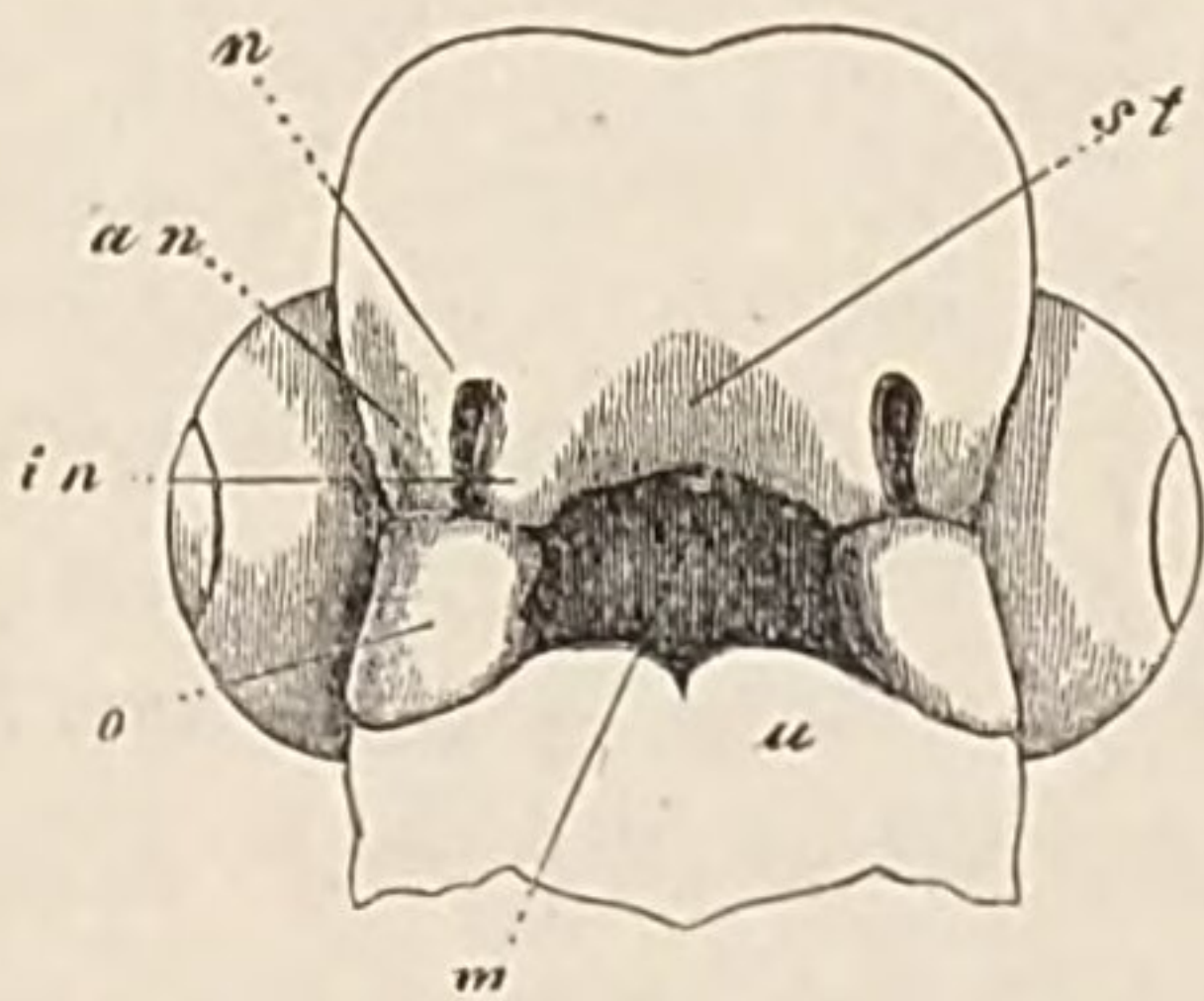
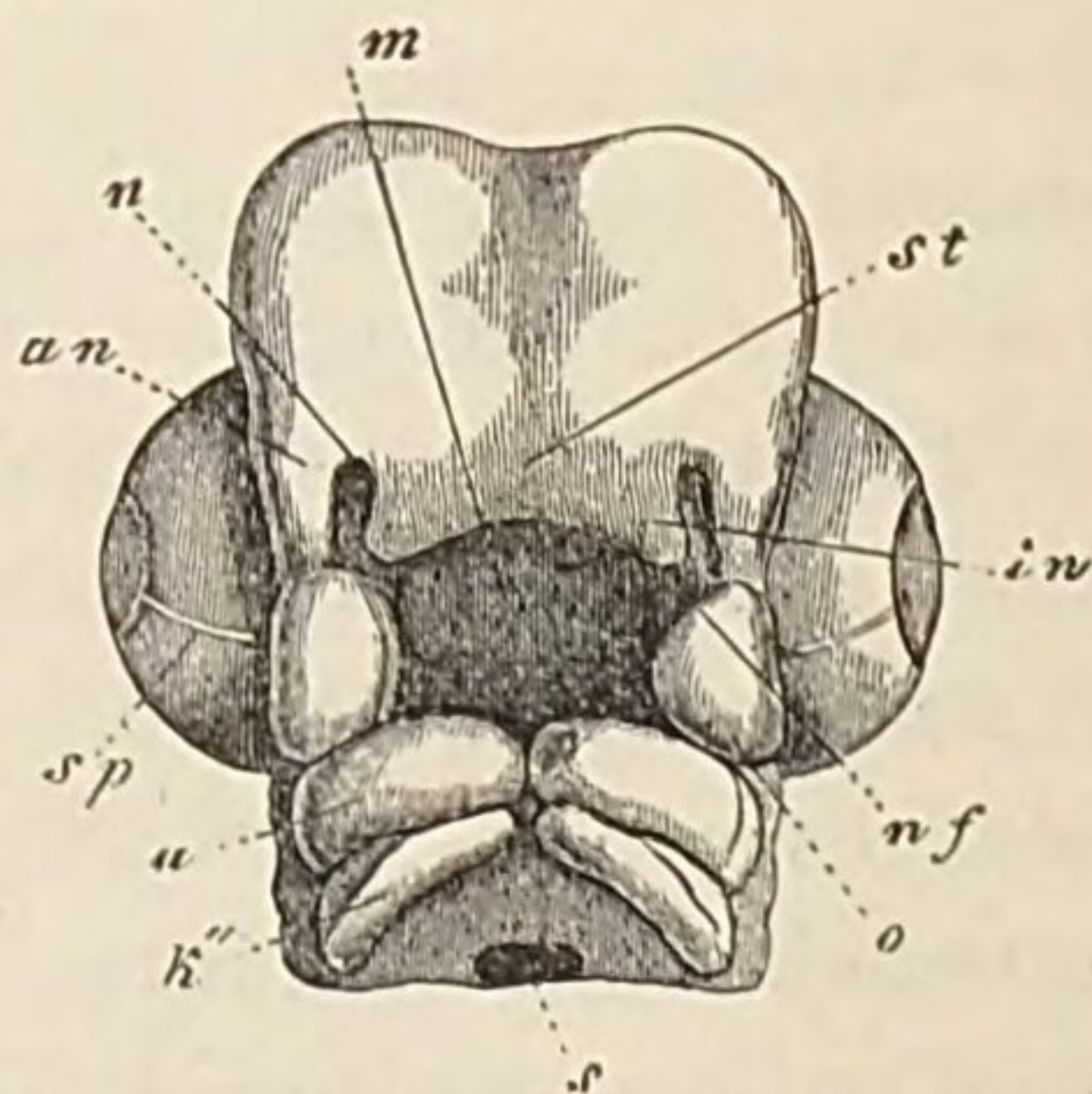
Fig. 6.
2.Fig. 7.
1.

Fig. 3, 4. Kopf eines Hühner-Embryo vom dritten Brütetage: 1) von vorn, 2) von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen). *l* Augen-Anlage (Augen-Grübchen). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. *o* Oberkiefer-Fortsatz. *u* Unterkiefer-Fortsatz des ersten Kiemenbogens.

Fig. 5. Kopf eines Hühner-Embryo vom vierten Brütetage, von unten. *n* Nasengrube. *o* Oberkiefer-Fortsatz des ersten Kiemenbogens. *u* Unterkiefer-Fortsatz desselben. *k''* zweiter Kiemenbogen. *sp* Chorioidalspalte des Auges. *s* Schlund.

Fig. 6, 7. Zwei Köpfe von Hühner-Embryonen, 1) vom Ende des vierten, 2) vom Anfang des fünften Brütetages. Buchstaben wie in Fig. 5; ausserdem: *in* innerer, *an* äusserer Nasenfortsatz. *nf* Nasenfurche. *st* Stirnfortsatz. *m* Mundhöhle.

die erste Anlage sowohl für die Nase (*n*), als für das Auge (*l*, *sp*) und für das Ohr (*o*) in Gestalt eines einfachen Grübchens der Oberhaut auftritt. Dasselbe gilt aber auch für die Sinnesorgane aller anderen Thiere und des Menschen. Durch diese bedeutungsvolle Erkenntniss ist nicht allein die Frage nach dem Ursprung der Sinneswerkzeuge sehr vereinfacht, sondern auch schon der wahre Weg zu ihrer Lösung gezeigt. Denn nach dem biogenetischen Grundgesetze, nach dem allgemeinen Grundgesetze der organischen Entwicklung, steht jede keimesgeschichtliche Thatsache in unmittelbarer ursächlicher Beziehung zu einem entsprechenden stammesgeschichtlichen Vorgange, der sich vor langer Zeit, vor Jahrtausenden, vielleicht vor Millionen von Jahren, in der Geschichte der Ahnen-Reihe des betreffenden Organismus vollzogen hat.

Ursprünglich beruhte jener Vorgang in der Ahnen - Geschichte auf Anpassung der Vorfahren; dann aber wurde er von diesen durch Vererbung auf die lange Reihe der Nachkommen mehr oder weniger getreu übertragen. Wenn wir also heute an der jungen Keimesanlage des Hühnchens im bebrüteten Ei die Wahrnehmung machen, dass die höheren Sinneswerkzeuge anfänglich noch ganz fehlen und dass die erste Spur derselben in der äusseren Hautdecke auftritt, so schliessen wir daraus, dass die älteren Vorfahren der Vögel niedere Thiere waren, die weder Augen noch Ohren besaßen, und dass später bei den Nachkommen derselben bestimmte Theile der äusseren Oberhaut es waren, die zum ersten Male Lichtwellen und Schallwellen unterscheiden lernten. Und wenn wir weiter sehen, dass die zarten Organe der feineren Farben- und Ton-Unterscheidung, die Zapfen in der Netzhaut des Auges, und die Corti'schen Haarzellen in der Schnecke des Ohres, erst viel später im Vogelkeim zur Erscheinung kommen, nachdem bereits die anderen Theile des Auges und Ohres gebildet sind, so dürfen wir daraus schliessen, dass diese feinsten und vollkommensten Sinnes-Instrumente erst in einer viel späteren Periode der Erdgeschichte von einer jüngeren Ahnenform der Vögel erworben wurden.

Freilich ist dieser bedeutungsvolle Schluss von der empirischen Keimesgeschichte des Individuums auf die hypothetische Stammesgeschichte seiner Vorfahren keineswegs überall und

ohne Weiteres verwendbar. Nicht alle keimesgeschichtlichen Vorgänge gestatten eine stammesgeschichtliche Deutung. Aber gerade wo diese letztere nicht zulässig ist, und wo wichtige Lücken oder Störungen den Faden der geschichtlichen Entwicklung unterbrechen, gerade da kommt uns eine andere Wissenschaft zu Hülfe, die vergleichende Anatomie. Indem diese interessante Wissenschaft den Bau der ausgebildeten Organe bei den verschiedenen Thierklassen und Ordnungen vergleicht, indem sie den Nachweis führt, dass jene Organe in den verschiedenen Thiergruppen noch heute auf den verschiedensten Stufen der Ausbildung neben einander zu finden sind, eröffnet sie uns einen höchst lehrreichen Einblick in die lange Stufenleiter der geschichtlichen Entwicklung, auf welcher sich dieselben allmählich nach einander von den einfachsten Anfängen bis zur höchsten Vollkommenheit emporgearbeitet haben. So zeigt uns die vergleichende Anatomie auf einem ganz anderen Wege als die Keimesgeschichte, wie der verwickelte Wunderbau unseres menschlichen Auges und Ohres durch eine lange, lange Reihe von Zwischenstufen mit den einfacheren und einfachsten Gesichts- und Gehörwerkzeugen niederer Thiere zusammenhängt. Während die zusammengesetzte Einrichtung dieser Organe bei den höheren Wirbelthieren, bei den Säugethieren, Vögeln und Reptilien wesentlich noch dieselbe wie beim Menschen ist, treffen wir einfachere Verhältnisse schon bei den Amphibien, und noch mehr bei den Fischen an. Vergleichen wir aber mit letzteren die entsprechenden Sinnes-Einrichtungen niederer Thiere, insbesondere der Würmer, so überzeugen wir uns, dass selbst die unvollkommenen Augen und Ohren der Fische erst das späte Erzeugniss einer langen Reihe von Verbesserungen und Vervollkommnungen sind, welche diese physikalischen Instrumente bei den wirbellosen Vorfahren der Fische im Laufe vieler Millionen Jahre durchlaufen haben.

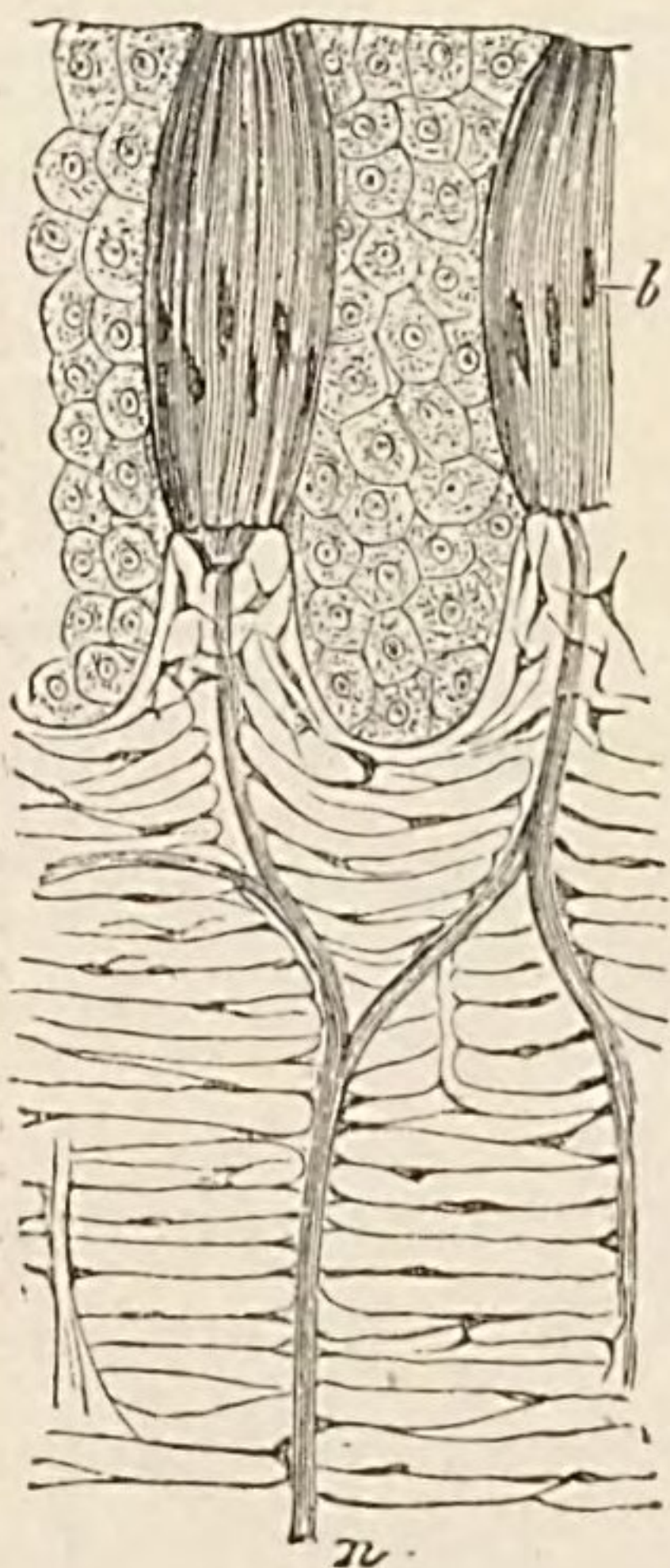
Versuchen wir nun, gestützt auf diese wichtigsten Urkunden der Stammesgeschichte, auf die vergleichende Anatomie einerseits, die Keimesgeschichte anderseits, die geschichtliche Entwicklung der Sinneswerkzeuge beim Menschen und bei den Thieren zu ergründen, so müssen wir zunächst an einige Hindernisse und Vorsichtsmaassregeln erinnern, die bei diesem schwie-

rigen historischen Unternehmen stets im Auge zu behalten sind. Wir können nämlich über die sinnlichen Empfindungen anderer Wesen nur nach den Eindrücken urtheilen, die wir selbst durch unsere eigenen Sinneswerkzeuge erhalten. Daher können wir gar keine Vorstellung von Sinnesthätigkeiten haben, die wir nicht selbst auszuüben im Stande sind. So wenig der Blindgeborene eine Ahnung vom Wesen der Farben, so wenig der Taubstummgeborene eine Vorstellung vom Wesen der Töne haben kann, so wenig kann der Mensch überhaupt eine Ahnung von den Sinnesthätigkeiten anderer Thiere haben, die dem Menschen selbst fehlen.

Bekanntlich unterscheidet man beim Menschen gewöhnlich fünf verschiedene Sinneswerkzeuge. Von diesen nimmt die äussere Hautdecke, die als das Organ des Tastsinnes und Wärmesinnes zwei verschiedene Empfindungs-Qualitäten vermittelt, die niederste Stufe ein; Zunge und Nase, als Werkzeuge der Geschmacks- und Geruchs-Empfindung, stehen auf einer mittleren Bildungsstufe, während Ohr und Auge, die ästhetischen Organe des Gehör- und Gesichts-Sinnes, sich zur höchsten Stufe der Vollkommenheit erheben. Die vergleichende Anatomie und Physiologie lehrt uns aber, dass mit diesen sechs verschiedenen Arten der menschlichen Sinnesthätigkeit das Gebiet der sinnlichen Empfindung im Thierreiche keineswegs erschöpft ist. Vielmehr kennen wir bei verschiedenen Thierklassen Organe von verwickeltem Bau, mit eigenthümlichen Nerven-Endapparaten, welche zwar Sinneswerkzeuge zu sein scheinen, aber zu keinem der uns bekannten Sinne gehören können. Solche Organe eines sechsten oder siebenten, uns unbekannten Sinnes sind z. B. becherförmige Nervenorgane in der Haut mancher Würmer, Gallertröhren und Schleimkanäle mit eigenthümlichen Nervenknöpfen und Bechern in der Haut der Fische (Fig. 8). Möglicherweise vermitteln solche Organe bei diesen wasserbewohnenden Thieren die Wahrnehmung gewisser Zustände des Wassers, von denen wir Nichts wissen.

In anderen Fällen schliessen wir aus den auffallenden Thätigkeiten gewisser Thiere, die mit Hülfe der uns bekannten Sinne nicht ausführbar erscheinen, auf die Anwesenheit uns unbekannter Sinnesorgane. Wenn wir den grausamen Versuch

Fig. 8.



Zwei becherförmige Sinnes-Organen (b) von unbekannter Bedeutung aus der Haut der Schleie (Tinca). n Sinnesnerven in der Lederhaut, welche an die langgestreckten Sinneszellen der Becher (b) herantreten; zwischen letzteren gewöhnliche rundliche Hautzellen.

Spallanzani's wiederholen, und Fledermäuse, deren Augen und Nasen zerstört, deren Ohren mit Watte verstopft sind, in einem Zimmer fliegen lassen, in welchem viele Stricke ausgespannt sind, so fliegen diese verstümmelten Thiere trotzdem geschickt zwischen den Stricken durch, ohne anzustossen. Hier ist entweder ein besonderes unbekanntes Sinnesorgan im Spiele, oder der Tastsinn oder der Temperatursinn ist quantitativ so gesteigert, dass er uns als ein besonderer, qualitativ verschiedener Sinn erscheinen muss. Auch der bekannte Ortssinn der Wandervögel und der Brieftauben, so wie viele sogenannte „räthselhafte Instinkte“ niederer Thiere lassen sich am leichtesten durch die Annahme besonderer Sinnesorgane erklären. Es giebt ja vielleicht viele unbekannte Eigenschaften der Naturkörper, von denen wir bloss deshalb keine Ahnung haben, weil uns die Empfindungsorgane dafür fehlen. Die Grenzen unserer Erkenntniss sind zunächst durch die Grenzen unserer sinnlichen Wahrnehmungen bestimmt.

Stets müssen wir bei solchen Betrachtungen der fundamentalen Thatsache eingedenk bleiben, dass es nicht die Eigenschaften der Naturkörper selbst sind, die wir sinnlich wahrnehmen, sondern nur die jeweiligen Zustände unserer Sinnesorgane, welche durch Druck, Wärme, Schallwellen, Lichtwellen u. s. w. in bestimmter Weise erregt werden. Der leitende Nerv aber, dessen Ausbreitung im Sinnesorgane den äusseren Eindruck aufnimmt, und der weiterhin diesen Eindruck zum Central-Organ, zum Gehirn leitet, ist in jedem einzelnen Sinneswerkzeuge nur einer bestimmten Art der Empfindung fähig. Der Sehnerv empfindet nur Lichtwellen, der Hörnerv nur Schallwellen; ebenso kann der Geruchsnerv nur Geruchsempfindungen, der Geschmacksnerv nur Geschmacksempfindungen

vermitteln; niemals aber kann der Sehnerv Töne oder der Hörnerv Farben wahrnehmen; niemals kann die Haut einen Brief lesen oder die Zunge eine Symphonie anhören, wie Spiritisten, Mesmeristen und ähnliche Betrüger behauptet haben. Auf diese Erkenntniss gründete der grosse Biologe Johannes Müller seine berühmte Lehre von der besonderen Leistungsfähigkeit der einzelnen Sinnesnerven, von ihrer specifischen Energie.

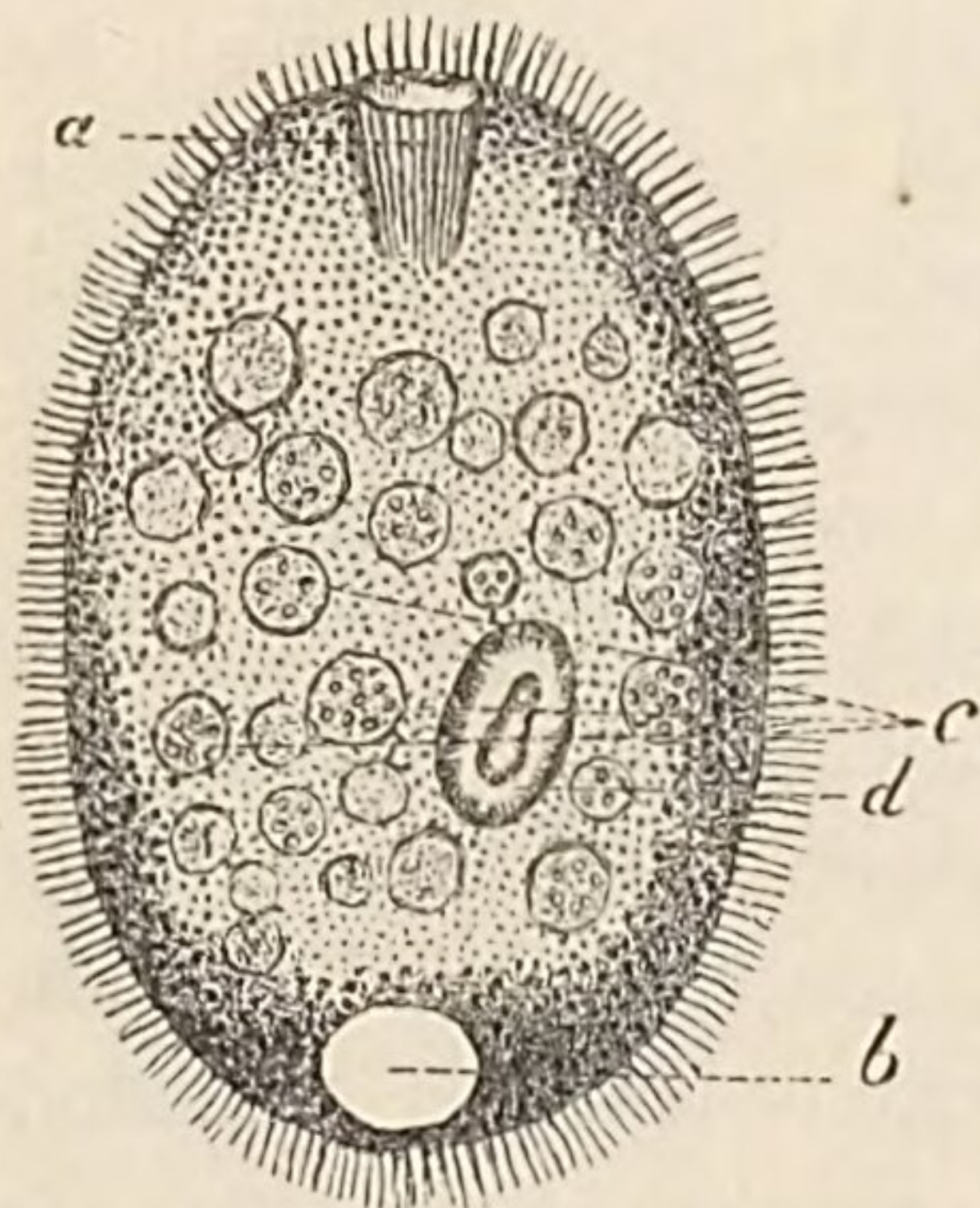
So bedeutungsvoll nun auch diese Lehre von der „specifischen Energie“ der Sinnesnerven ist, so erleidet sie doch durch unsere neuere Entwicklungslehre eine wichtige Einschränkung. Denn angesichts der keimesgeschichtlichen That-
sache, dass sich alle verschiedenen Sinneswerkzeuge sammt ihren specifischen Nerven aus der äusseren Haut entwickeln, müssen wir zugestehen, dass auch die besondere Leistungsfähigkeit der einzelnen Sinnesnerven nicht eine ursprüngliche Eigenschaft derselben, sondern durch Anpassung erworben ist. Sehnerv und Hörnerv nicht minder, als Geruchsnerv und Geschmacksnerv waren ursprünglich einfache Hautnerven, wie sie es bei niederen Thieren und bei den jüngsten Keimformen der höheren noch heute sind. Ursprünglich waren alle Empfindungsnerven nur fähig, einfache Veränderungen des Druckes und der Temperatur wahrzunehmen. Erst allmählich lernten einzelne von ihnen jene Einwirkungen verstehen, welche durch schmeckende und riechende Stoffe hervorgebracht werden; andere aber schlugen eine höhere Laufbahn ein und passten sich dem Verständniss der Schallwellen und Lichtwellen an. So sind also alle die verschiedenen Sinnesnerven ursprünglich durch Arbeitstheilung aus einfachen Hautnerven entstanden; und ebenso müssen wir die verschiedenen Sinneswerkzeuge, die ja eigentlich nichts Anderes als zusammengesetzte Nerven-Endausbreitungen sind, als locale Sonderungen oder Differenzirungen eines universalen Sinnesorganes, der äusseren Haut, betrachten. Das einfache Tastgefühl der letzteren, die Empfindung von Druckschwankungen und Wärmeschwankungen, bildet die Ursprungsquelle für die „specifischen Energien“ der höheren Sinnesnerven; auch diese haben sich erst allmählich historisch entwickelt.

Diese stammesgeschichtliche Erkenntniss wird noch wesentlich erweitert, wenn wir von den niederen Thieren noch weiter

hinabsteigen zu jenen niedersten Organisations-Formen, die bald als Urthierchen, Infusorien oder Protozoen bezeichnet, bald als ein besonderes neutrales Protistenreich mitten zwischen Thierreich und Pflanzenreich gestellt werden.

Bei diesen merkwürdigen Urthierchen oder Protisten, von denen wir hier nur die lebhaften Wimperthierchen, die munteren Geisselschwärmer, die formenreichen Wurzelfüssler und die wichtigen Amöben hervorheben wollen, treffen wir sinnliche Empfindungen auf verschiedenen Stufen der Entwicklung an. Die meisten sind nicht allein gegen Druck und gegen Temperatur-Veränderungen empfindlich, sondern auch gegen Licht. Stellt man ein Wassergefäss, in dem viele solche Urthierchen sich befinden, so an das Fenster, dass der eine Theil des Gefässes im Hellen, der andere im Dunkeln steht, so sammeln sich

Fig. 9.



Ein einzelliges Infusorium aus der Classe der Wimperthierchen oder Ciliaten (Prorodon). *a* Mundöffnung der Zelle mit trichterförmigem Schlundrohr. *b* contractile Blase. *c* Verschluckte Nahrungsballen im Protoplasma-Leib der Zelle. *d* Kern der Zelle. Auf der ganzen Oberfläche der Zelle stehen feine Härchen oder Wimpern, die sowohl zur Empfindung wie zur willkürlichen Bewegung dienen.

bald die meisten Arten an der Lichtseite an, einzelne Arten aber auch umgekehrt an der dunkeln Seite. Es giebt also schon unter diesen mikroskopischen Urthierchen sowohl Lichtfreunde, als Obscuranten. Manche scheinen auch Geruch und Geschmack zu besitzen, da sie ihre Nahrung mit grosser Sorgfalt auswählen.

Ogleich nun so verschiedene Stufen und Arten sinnlicher Empfindung bei diesen kleinen Infusorien mit Leichtigkeit und Sicherheit nachzuweisen sind, so fehlen ihnen doch besondere Sinneswerkzeuge gänzlich; ja es fehlen ihnen sogar auch Nerven vollständig. Wir stehen hier also vor der wichtigen Thatsache, dass Sinnesthätigkeit ohne besondere Sinneswerkzeuge und ohne Nerven möglich ist. An die Stelle dieser letzteren tritt als empfindender Körper jene wunder-

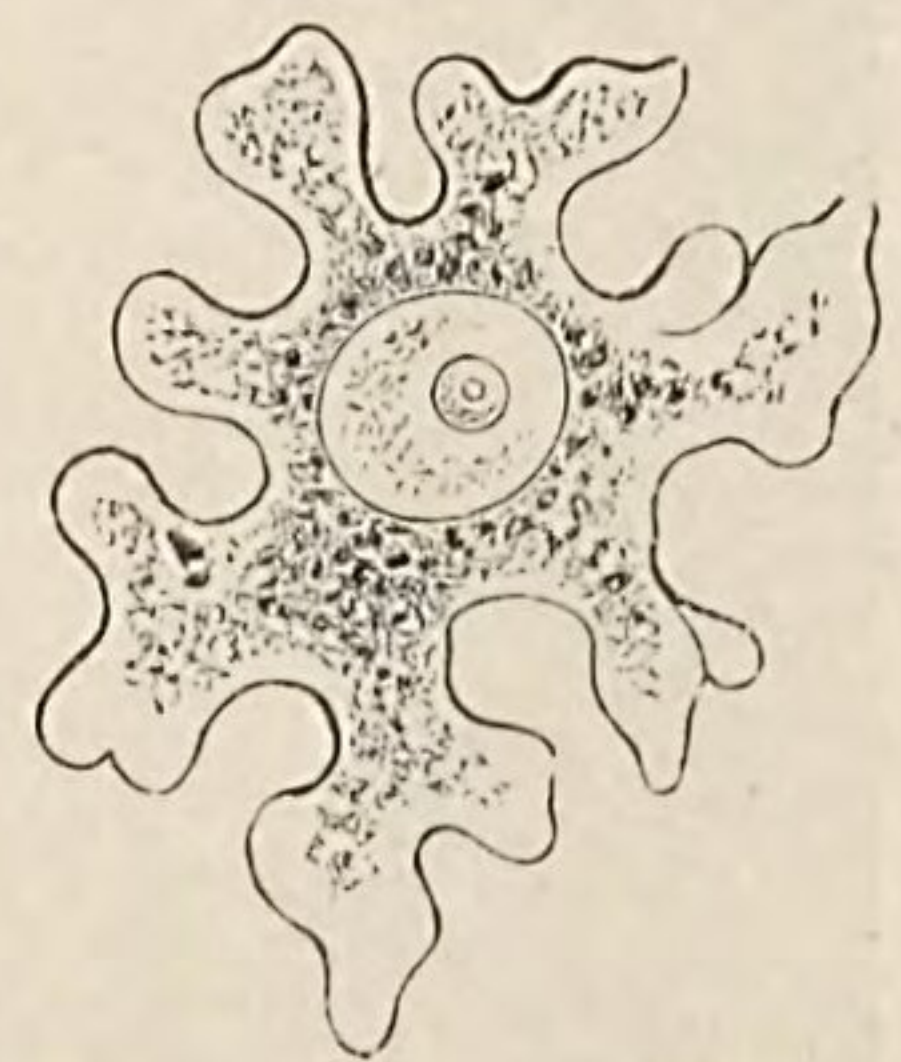
bare formlose eiweissartige Substanz, die uns unter dem Namen Protoplasma oder organischer Bildungsstoff als die allgemeine und unentbehrliche Grundlage für alle Lebens-Erscheinungen bekannt ist.

Bei den meisten von jenen Urthierchen besitzt der ganze Körper zeitlebens nur den bescheidenen Formwerth einer einzigen einfachen Zelle, er besteht also bloss aus Protoplasma und aus einem davon umschlossenen Zellkern, Nucleus. Entweder die ganze strukturlose Masse des Protoplasma, oder nur die oberflächlichste, oft eigenthümlich gesonderte Schicht desselben vermittelt bei diesen einzelligen Protisten die sinnliche Empfindung und vertritt die Stelle der fehlenden Sinnesorgane. Doch beginnt bei Manchen schon die Sonderung solcher Werkzeuge, indem das Protoplasma an seiner Oberfläche feine Fäden, Borsten oder Härchen ausstreckt. Natürlich sind diese vorzugsweise den Druckveränderungen des umgebenden Wassers ausgesetzt und daher mehr zur Empfindung geeignet, als die übrige Oberfläche des einzelligen Körpers.

Während bei diesen Urthierchen oder Protozoen die einfache Zelle als solche alle Lebensthätigkeiten, Empfindung und Bewegung, Ernährung und Vermehrung, gleichzeitig zu vollziehen im Stande ist, finden wir dagegen bei allen echten Thieren (bei allen Metazoen) den Körper aus mehreren Zellen zusammengesetzt und seine verschiedenen Thätigkeiten auf mehrere Zellen-Gruppen vertheilt. Aber auch hier besteht überall im ersten Beginne seiner individuellen Existenz der ganze Thierkörper nur aus einer einzigen Zelle, und das ist die Eizelle. Bei manchen niederen Pflanzenthieren, namentlich den Schwämmen oder Spongien, bewegt sich die Eizelle selbstständig, gleich einer Amoebe kriechend, im Körper umher und äussert dann auch deutliche Empfindung, indem sie sich bei Berührung oder Reizung zusammenzieht (Fig. 10).

Der einzellige Urzustand des Thierkörpers geht aber gleich nach erfolgter Befruchtung der Eizelle in den vielzelligen

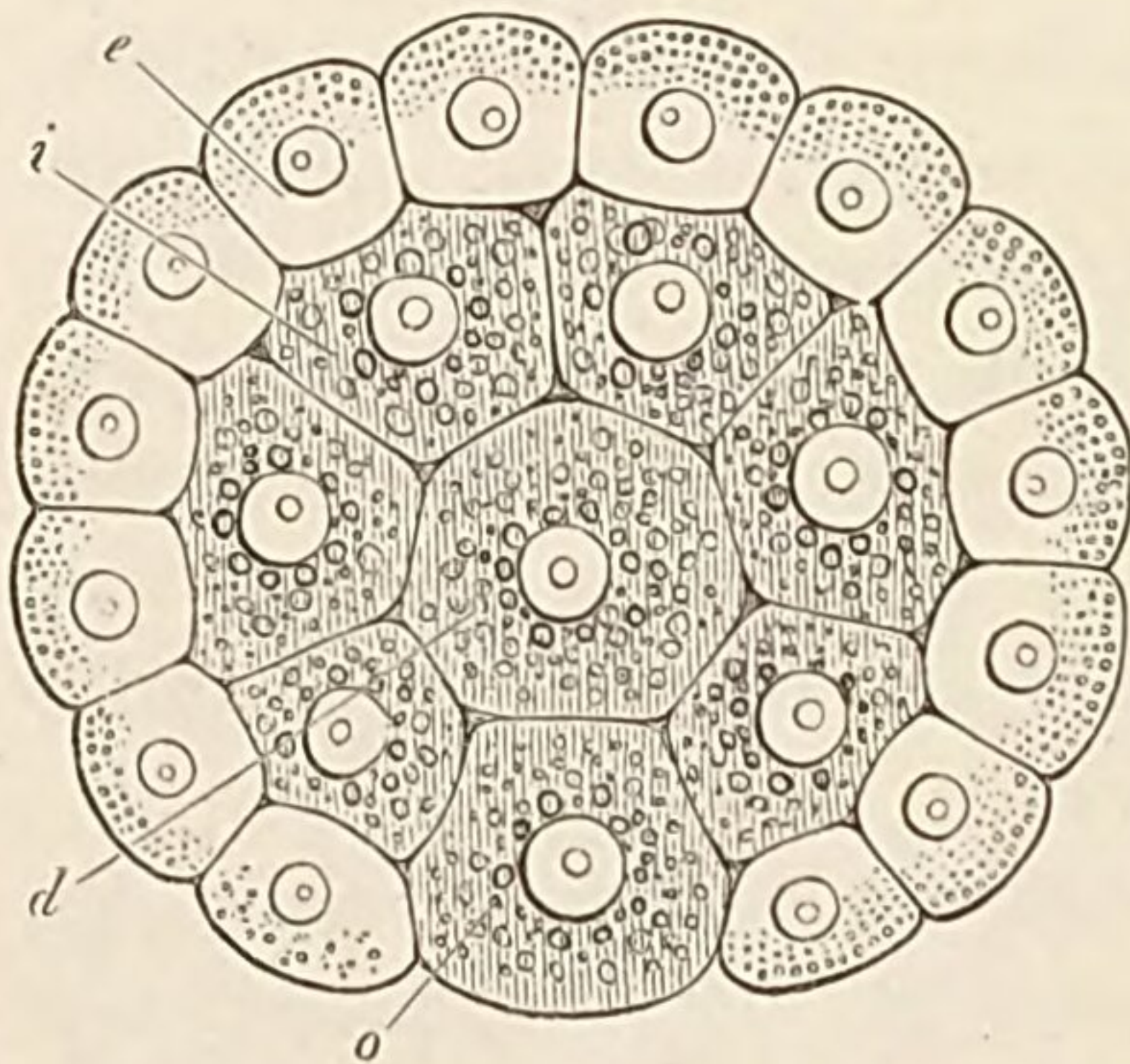
Fig. 10.



Eizelle eines Kalkschwammes (Olynthus), welche sich gleich einer Amoebe bewegt und empfindet.

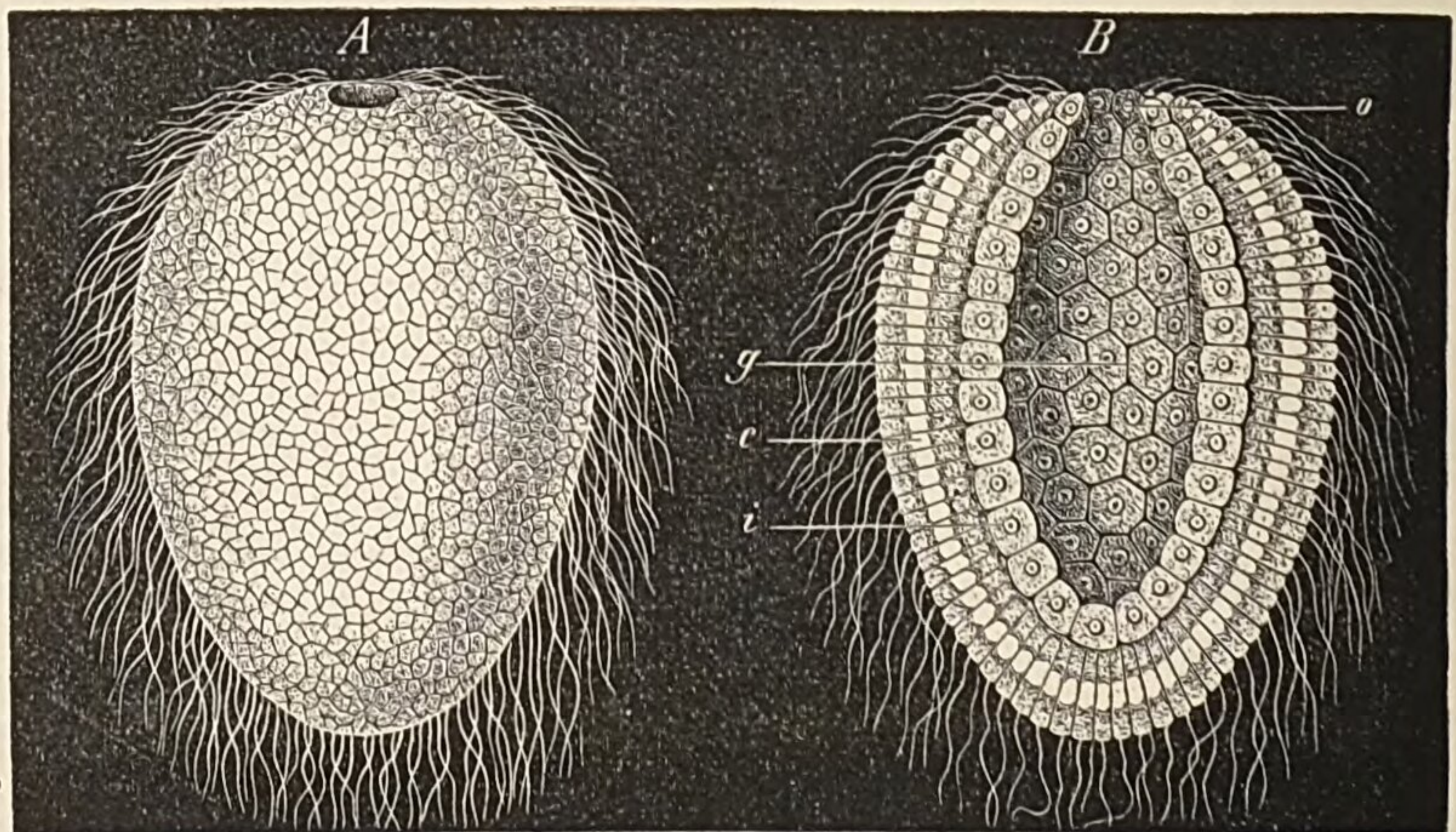
über. Gleich im ersten Anfang der Keimes-Entwicklung zerfällt die Eizelle durch wiederholte Theilung in zahlreiche Zellen. Der so entstandene kugelige Zellenhaufen verwandelt sich in eine Hohlkugel, deren Wand nur aus einer einzigen Zellschicht besteht, und durch Einstülpung dieser Hohlkugel entsteht jene bedeutungsvolle Keimform, die wir mit dem Namen Gastrula oder Becherkeim belegen (Fig. 11). Bei allen echten Thieren oder Metazoen tritt im Laufe der individuellen Entwicklung vorübergehend eine Keimform auf, die sich auf eine

Fig. 11.



Gastrula des Säugethieres (Kaninchen). Der ganze Leib (im senkrechten Durchschnitt dargestellt) besteht (im Ganzen) aus 96 Zellen, nämlich 64 helleren und kleineren Zellen des Hautblatts (*e*) und 32 dunkleren und grösseren Zellen des Darmblatts (*i*). Die letzteren erfüllen auch die Magenöhle (*d*) und Mundöffnung (*o*) der Gastrula.

Fig. 12.



Gastrula, Darmlarve oder Becherkeim eines Kalkschwammes (*Olynthus*). *A* von der Oberfläche, *B* im Längsschnitt. *e* Aeusseres Keimblatt (Hautblatt oder Exoderm). *i* Inneres Keimblatt (Darmblatt oder Entoderm). *g* Urdarm (Magenhöhle). *o* Mundöffnung.

solche Gastrula zurückführen lässt; hingegen fehlt dieselbe bei allen Urthieren oder Protozoen.

Die becherförmige oder eiförmige Gastrula (Fig. 12) umschliesst einen einfachen Hohlraum, die verdauende Magenöhle (*g*), und diese öffnet sich durch einen Mund, der zur Nahrungsaufnahme dient (*o*). Die Wand der Magenöhle wird durch zwei verschiedene Zellschichten gebildet, die sogenannten primären Keimblätter. Die innere Zellschicht, das Darmblatt oder Entoderm (*i*), vermittelt blos die Ernährung und den Stoffwechsel des Körpers, aus ihm entwickeln sich die Ernährungs - Organe. Die äussere Zellschicht hingegen, das Hautblatt oder Exoderm (*e*) ist für uns von besonderem Interesse. Denn die empfindlichen Zellen, welche dasselbe zusammensetzen, vermitteln die Erkenntniss der Aussenwelt und stellen als Haut der Gastrula das Sinnesorgan in einfachster Form dar.

Bei allen Metazoen entwickeln sich aus diesem Hautblatt nicht allein die Zellen, welche später die Haut zusammensetzen, sondern auch die Zellen, welche das Nervensystem und die übrigen Sinnesorgane bilden. Nervenzellen sowohl als Sinneszellen sind daher ursprünglich Abkömmlinge von Hautzellen; und es war vollkommen zutreffend, wenn schon vor dreissig Jahren Remack demgemäss die Hautschicht des zweischichtigen Keims als Sinnesblatt bezeichnete.

Während die meisten Thiere nur rasch vorübergehend in ihrer individuellen Entwicklung die Gastrula-Form durchlaufen, giebt es doch auch heute noch einige niedere Thiere, die sich in ausgebildetem Zustande nur wenig über dieselbe erheben. Solche permanente Gastrula-Formen sind die Gasträaden (Physemarien), die niedersten Schwämme oder Spongien, und die hydroiden Polypen. Unter letzteren ist namentlich der gewöhnliche Süsswasser-Polyp, Hydra, von besonderem Interesse. Denn obgleich dieses kleine becherförmige Thierchen gegen Berührung und Reizung, gegen Wärme und Licht sehr empfindlich ist, fehlen ihm doch gesonderte Sinnes-Organe ebensowohl wie ein Nerven-System; einzelne Zellen des Hautblattes sind es, welche deren Thätigkeit besorgen. Indessen treten doch schon hier Unterschiede in der Empfindlichkeit verschiedener Hautstellen

auf. Insbesondere localisirt sich ein feinerer Tastsinn in einem Kranze von zarten Fühlfäden, Fühlern oder Tentakeln, welche um den Mund herum stehen, und welche gleichzeitig als Fangfäden zum Ergreifen der Nahrung benutzt werden.

Solche Fühler oder „Tentakeln“ finden sich überhaupt bei niederen Thieren sehr verbreitet vor, in grosser Mannigfaltigkeit und oft in ansehnlicher Zahl. Bei vielen wirbellosen Thieren verschiedener Gruppen, welchen Augen und Ohren fehlen, welche aber trotzdem gegen Licht- und Schall-Wellen empfindlich sind, scheinen die Oberhautzellen der Fühler deren Stelle zu vertreten, so z. B. bei den Korallen, Moosthierchen, vielen Würmern. Sehr häufig finden sich hier an gewissen Zellen der Oberhaut der Fühler feine, haarförmige oder borstenförmige Fortsätze und gerade diese haartragenden Hautzellen, die sich oft auch an anderen Körperstellen entwickeln, dürfen wir mit besonderem Rechte als „Sinneszellen“ in Anspruch nehmen. Denn nicht allein sind bei jenen niederen im Wasser lebenden Thieren solche Hautzellen, deren Protoplasma sich in einen feinen, frei in das Wasser vorragenden Fortsatz verlängert, ganz besonders geeignet, Druckschwankungen und Temperatur-Veränderungen in dem umgebenden Wasser als solche wahrzunehmen, sondern sie erscheinen auch wohl geeignet, schnellere und regelmässig wiederkehrende Schwingungen des Wassers als Töne zu empfinden. Es ist daher wohl möglich, dass die sehr verbreiteten haartragenden Sinneszellen, die wir auf der Hautoberfläche niederer Thiere antreffen, zum grossen Theil nicht bloss einfache Tast- und Wärme-Empfindungen, sondern auch Schall-Wahrnehmungen vermitteln, dass sie bereits Anfänge von Hörorganen sind. Diese Annahme ist um so wahrscheinlicher, als Tastsinn und Hörsinn überhaupt sehr nahe verwandt sind, und als auch die ersten Entwicklungsstufen echter Hörorgane durch solche haartragende Hautzellen gebildet werden.

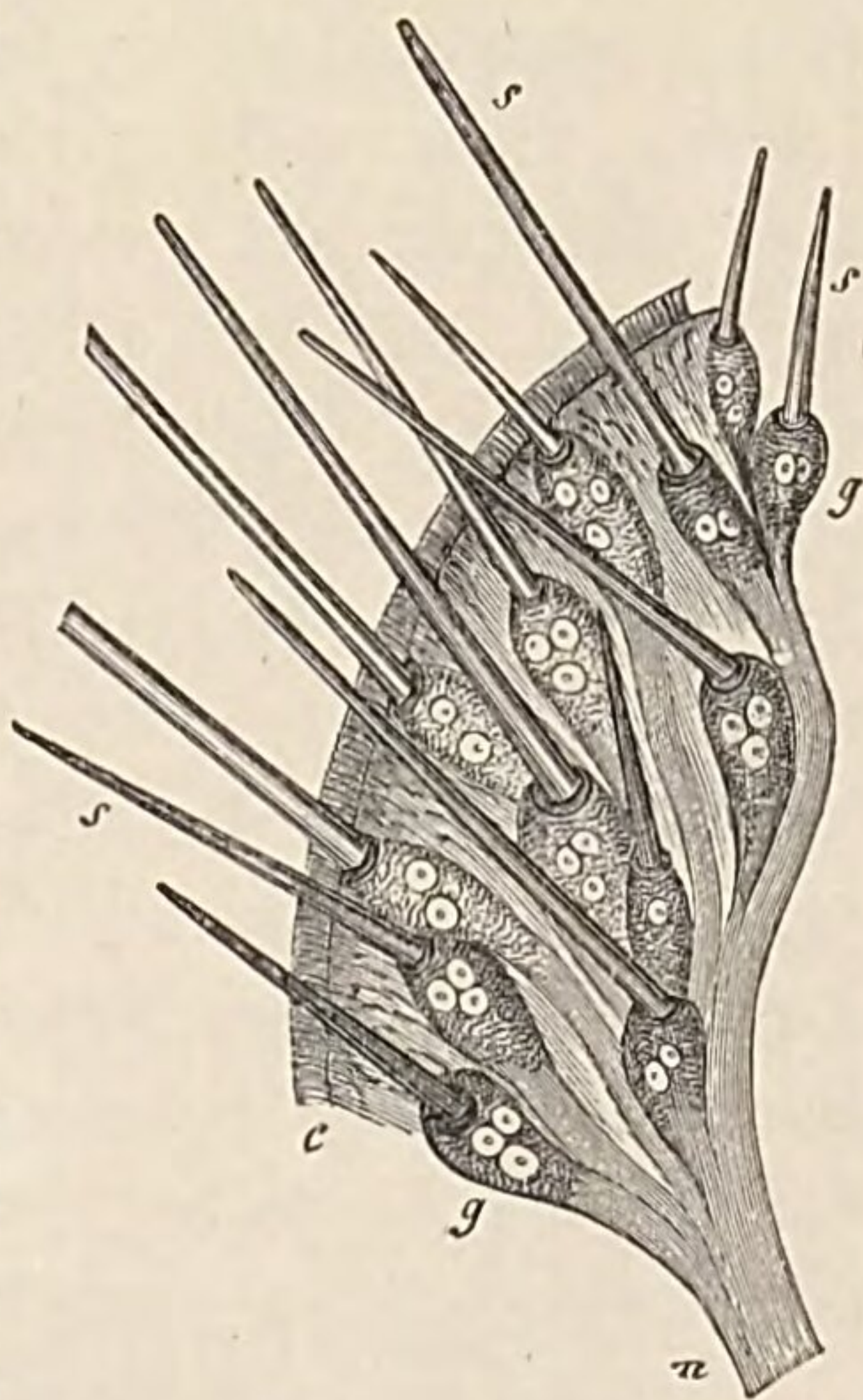
Die grosse Schwierigkeit, der wir schon hier begegnen, einfache Tastorgane von den ersten Anfängen wirklicher Hörorgane zu unterscheiden, ist von hohem Interesse. Denn es zeigt sich gerade hierin die nahe Verwandtschaft der verschiedenen Sinnes-Empfindungen, und es wird dadurch erklärlich, wie sich die höheren differenten Sinne ursprünglich aus dem

niederen indifferenten Gefühl der äusseren Haut haben entwickeln können. Dieselbe Schwierigkeit tritt uns bei vergleichender Betrachtung der anderen Sinne entgegen und findet auch hier dieselbe stammesgeschichtliche Erklärung.

Namentlich mit Bezug auf die beiden chemischen Sinneswerkzeuge, Geschmacks- und Geruchs-Organ, sind wir nicht im Stande bestimmte Angaben über ihre charakteristische Beschaffenheit und ihre Abgrenzung von indifferenten Tastorganen zu machen.

So finden wir z. B. am Rüssel der Fliegen (Fig. 13) und an anderen Mundtheilen der Insekten feine Sinnesstäbchen (*s*) über die Haut vorragen. Diese Stäbchen oder Borsten stehen mit Sinnes-Zellen (*g*) in Zusammenhang, in welche Aeste des Sinnes-Nerven (*n*) übergehen. Wir können aber nicht sicher sagen, ob diese Sinnesstäbchen zum Tasten, zum Schmecken, zum Riechen dienen, oder auch vielleicht gemischte Sinnes-Empfindungen vermitteln. Denn auch die Geschmacks- und Geruchs-Empfindung ist der einfachen Tast-Empfindung noch sehr nahe verwandt, und wesentlich nur dadurch verschieden, dass die chemische Einwirkung verschiedener Körper auf die Sinneszellen von diesen in verschiedener Weise wahrgenommen, in differente Geschmacks- und Geruchs-Empfindungen umgesetzt wird. Beim Geschmacks-Organ geschieht die chemische Einmischung durch tropfbar flüssige, in Wasser gelöste Stoffe, bei dem Geruchs-Organ durch gasförmige, in der Luft feinzertheilte Stoffe; wenigstens bei den luftathmenden Wirbelthieren, über die allein wir in dieser Beziehung genauer unterrichtet sind.

Fig. 13.



Ein kleines Hautstückchen vom Rüssel der Fliege (*Musca*) im senkrechten Durchschnitt. Ein Sinnesnerv (*n*) tritt an die empfindliche Oberhaut heran, deren Cuticula mit feinen Härchen besetzt ist (*e*). Die Aeste des Nerven gehen in Gruppen von Sinneszellen (*g*) über, welche in vorragende Sinnesstäbchen (*s*) endigen.

Es ist daher auch sehr zweifelhaft, ob nicht viele Organe, die man bei niederen, im Wasser lebenden Thieren als einfachste Geruchswerkzeuge beurtheilt, in der That vielmehr Geschmackswerkzeuge darstellen. Eine scharfe Grenze zwischen Geschmack und Geruch lässt sich ebenso wenig ziehen, als zwischen diesen beiden chemischen Sinnen und dem Tastsinn.

Daher gehen auch die Ansichten der Zoologen über die Verbreitung der beiden chemischen Sinne bei niederen Thieren sehr weit auseinander. Viele glauben, dass Geschmacks- und Geruchs-Empfindungen hier sehr allgemein verbreitet sind und nur selten ganz fehlen; andere glauben, dass sie der Mehrzahl der niederen Thiere fehlen. Sicher steht so viel fest, dass sehr viele niedere Thiere ihre Nahrung mit grosser Sorgfalt wie echte Feinschmecker auswählen; und von den Insekten namentlich wissen wir auch, dass sie zum Theil einen ausserordentlich feinen Geruch besitzen und riechende Stoffe auf weite Entfernungen hin wittern. Aber bestimmte Organe für die Empfindung schmeckender und riechender Stoffe sind meistens mit voller Sicherheit nicht bekannt. Wo wir dieselben mit einiger Sicherheit kennen, da sind es nur verschiedene Stellen der äusseren Hautdecke, deren Zellen sich der chemischen Sinnesempfindung angepasst haben; Becherzellen zum Schmecken, Stäbchenzellen zum Riechen. Oft finden sich besondere Grübchen in der Nähe des Mundes, in denen solche Schmeckzellen und Riechzellen angebracht sind.

Selbst bei den höheren Wirbelthieren und beim Menschen, wo die Geschmacksorgane in der Mundhöhle, die Geruchsorgane in der Nasenhöhle liegen, sind die schmeckenden und riechenden Zellen derselben Abkömmlinge von äusseren Hautzellen. Die Mundhöhle sammt Zunge und Gaumen gehört ihrem Ursprung nach nicht dem übrigen Ernährungskanal, sondern der äusseren Haut an, ebenso die Nasenhöhle. Beide entstehen durch Einstülpungen von aussen her. Die Schmeckzellen der Zunge und die Riechzellen der Nase stammen also in der That nicht von Zellen des inneren, sondern des äusseren Keimblattes ab.

Die Schmeckzellen oder Geschmacks-Zellen (Fig. 14a) sind beim Menschen, wie bei den übrigen Säugethieren dünne, stäbchenförmige oder stiftförmige Zellen, welche mit den Endfasern des Geschmacksnerven zusammenhängen und von

breiteren Deckzellen (*b*) schützend umgeben sind. Diese bilden vereinigt zahlreiche Schmeckbecher (Fig. 15) oder becherförmige „Geschmackszwiebeln“, auch „Geschmacksknospen“ genannt, die auf der Zunge zerstreut sind. Im Innern jedes Schmeckbechers liegt ein Bündel von Schmeckzellen, aussen umgeben von umhüllenden Deckzellen. Wenn die Nahrung auf der Zunge mit den Schmeckbechern in Berührung kommt, erfolgt die Geschmacks-Empfindung durch die Schmeckzellen.

Sehr ähnlich den Schmeckzellen der Zunge sind auch die Riechzellen oder „Geruchszellen“ in der Schleimhaut der Nase, ebenfalls sehr dünne und schlanke Zellen, welche senkrecht in

Fig. 14.

Fig. 14. Schmeckzellen von der Zunge eines Kaninchens. *a* Vier einzelne Schmeckzellen, unten mit feinsten Endästen des Geschmacksnerven zusammenhängend. *b* Zwei Schmeckzellen mit einer Deckzelle zusammenhängend.

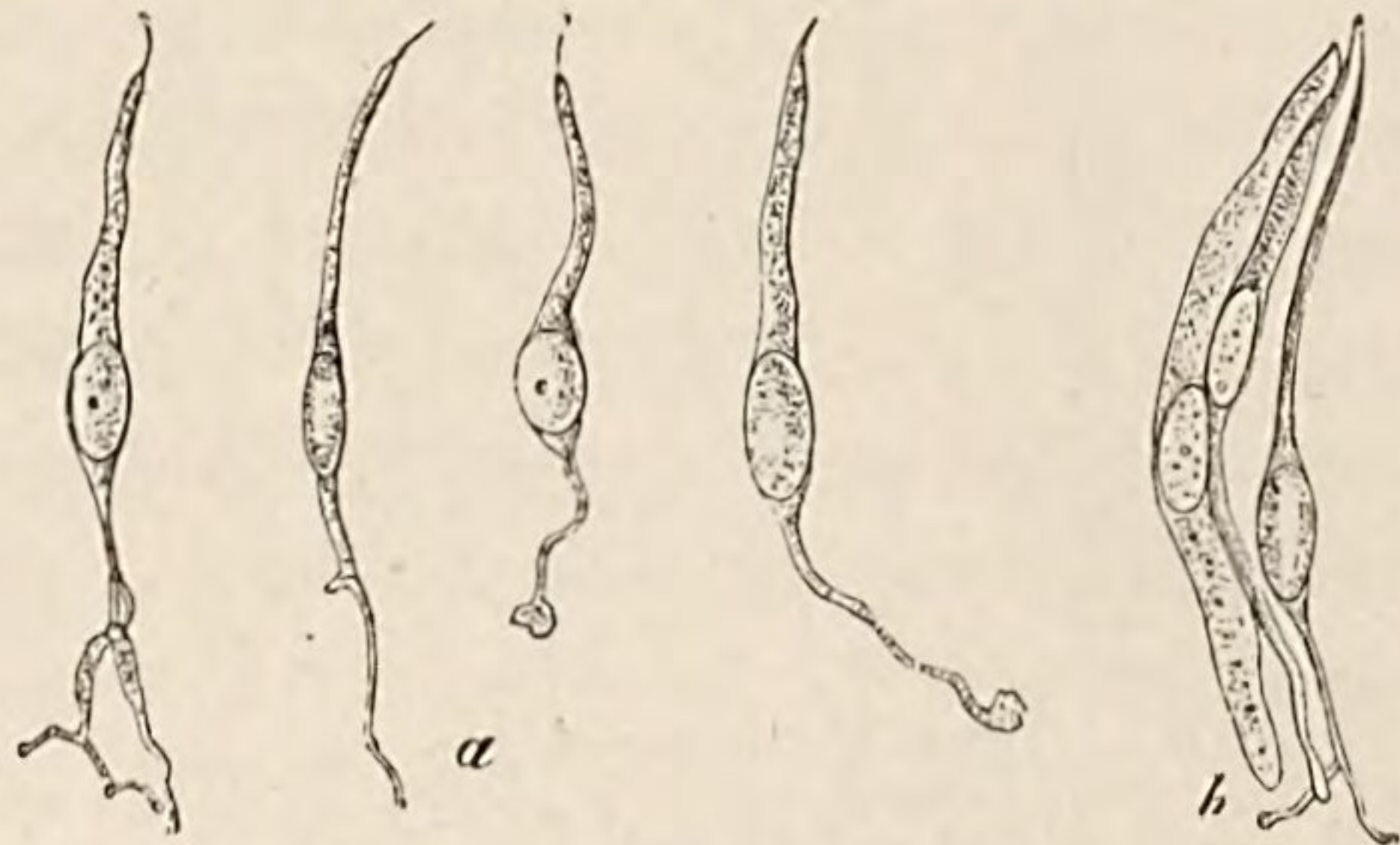
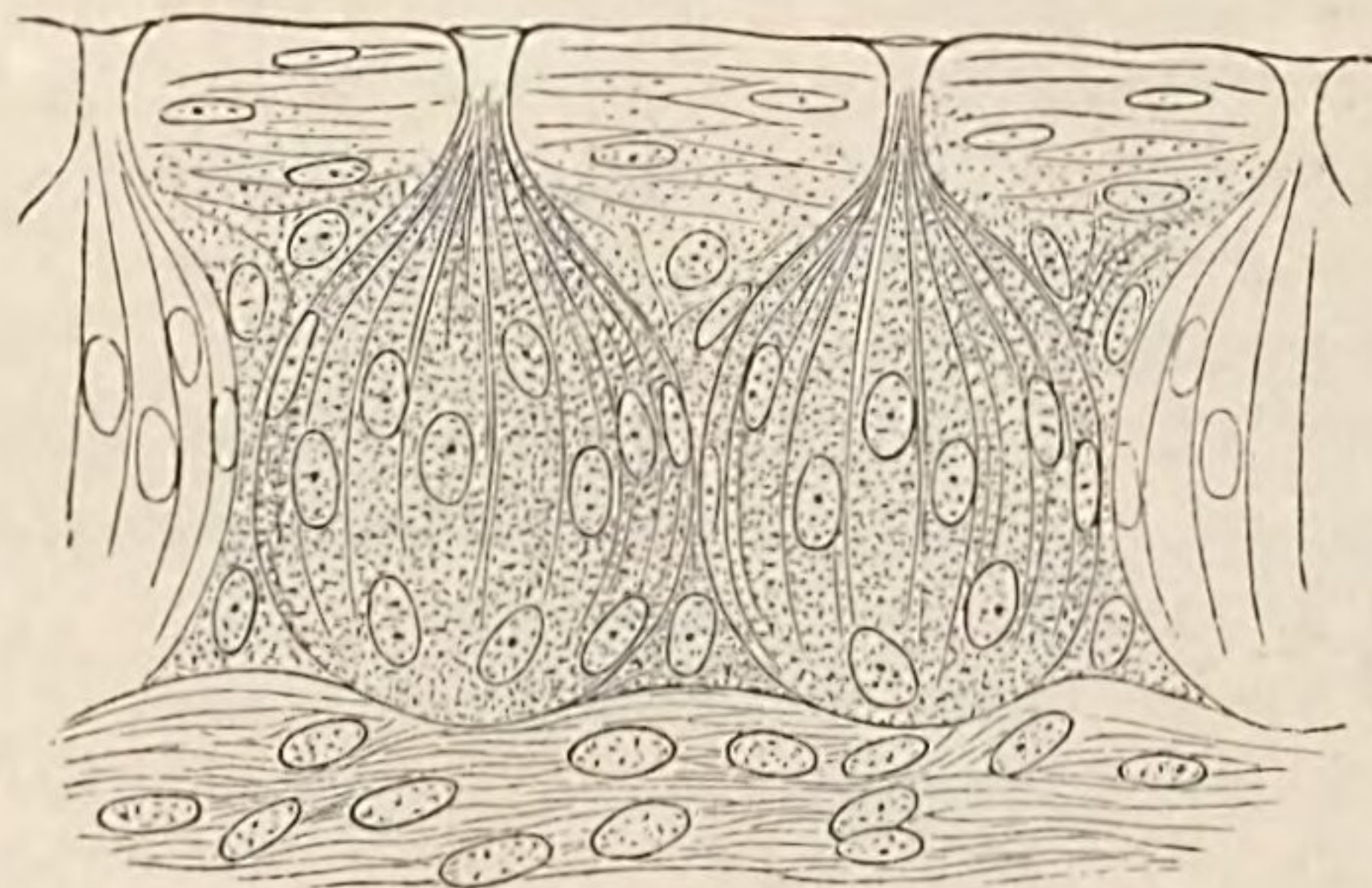


Fig. 15.

Fig. 15. Vier Schmeckbecher von der Zunge eines Kaninchens (nur die zwei mittleren vollständig ausgeführt). Senkrechter Durchschnitt durch die Zungenoberfläche.



der Haut-Oberfläche stehen, und deren inneres Ende mit einem feinsten Endfäserchen des Riechnerven oder Geruchsnerven in unmittelbarer Verbindung steht (Fig. 16, 17). Gewöhnlich unterscheidet man in der Nasenschleimhaut der Wirbelthiere zweierlei Arten von Riechzellen, die möglicherweise für die Geruchsempfindung verschiedene Bedeutung haben. Die dünneren, oft fadenartig dünnen, stiftförmigen Riechzellen sind in der Mitte (wo der Zellkern liegt) stark angeschwollen (Fig. 16e)

Fig. 16.

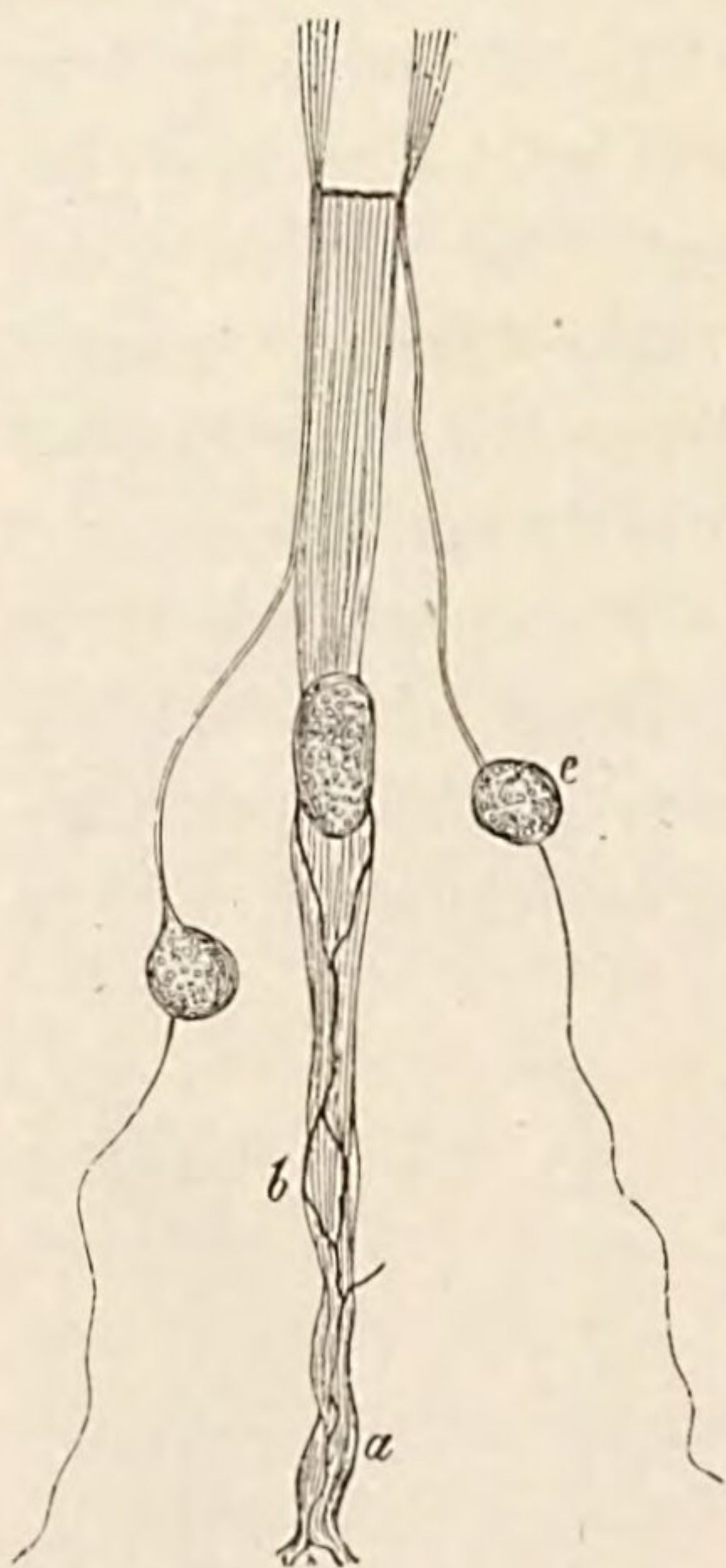


Fig. 17.

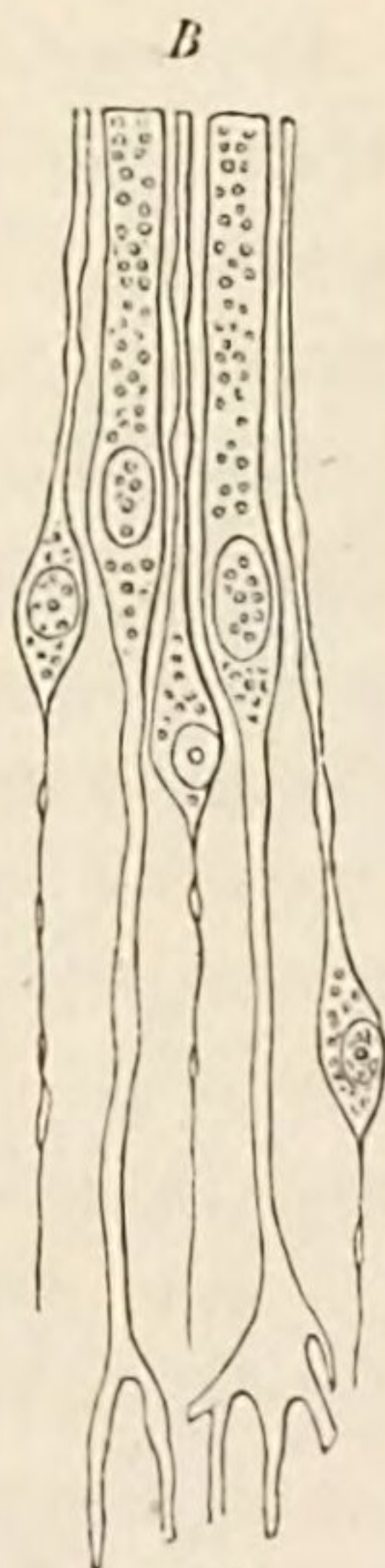


Fig. 16. Drei Riechzellen aus der Nase eines Amphibiums (Proteus). In der Mitte eine stärkere Cylinderzelle (a, b) ohne Härchen; zu beiden Seiten derselben zwei fadenförmige Riechzellen, welche in der Mitte kugelig angeschwollen sind und am Ende ein Büschel feinsten Riechhärchen tragen.

Fig. 17. Fünf Riechzellen vom Menschen, drei dünnere, stiftförmige, und dazwischen zwei dickere, cylindrische; alle hängen unten mit Endfäserchen des Riechnerven zusammen.

und tragen bei den Amphibien am freien Ende ein Büschel von äusserst feinen und dünnen „Riechhärchen“. Die dickeren, stabförmigen oder cylindrischen Riechzellen hingegen (Fig. 16a, b) tragen keine solche Härchen und werden von Manchen für einfache Epithel-Zellen gehalten. Die Nasenschleimhaut, in welcher die Riechzellen sitzen, kleidet zwar bei den höheren Wirbelthieren, wie beim Menschen, die innere Wand der Nasenhöhle aus; ursprünglich aber ist auch sie ein Theil der äusseren Hautdecke. Denn auch hier entsteht die Nase in derselben Form, welche sie bei den Fischen zeit lebens beibehält, in Form von ein paar Grübchen der äussern Haut. Erst im Laufe der Keimes-Entwicklung rücken diese „Riechgrübchen“ (Fig. 3—5n) allmählich in das Innere hinein,

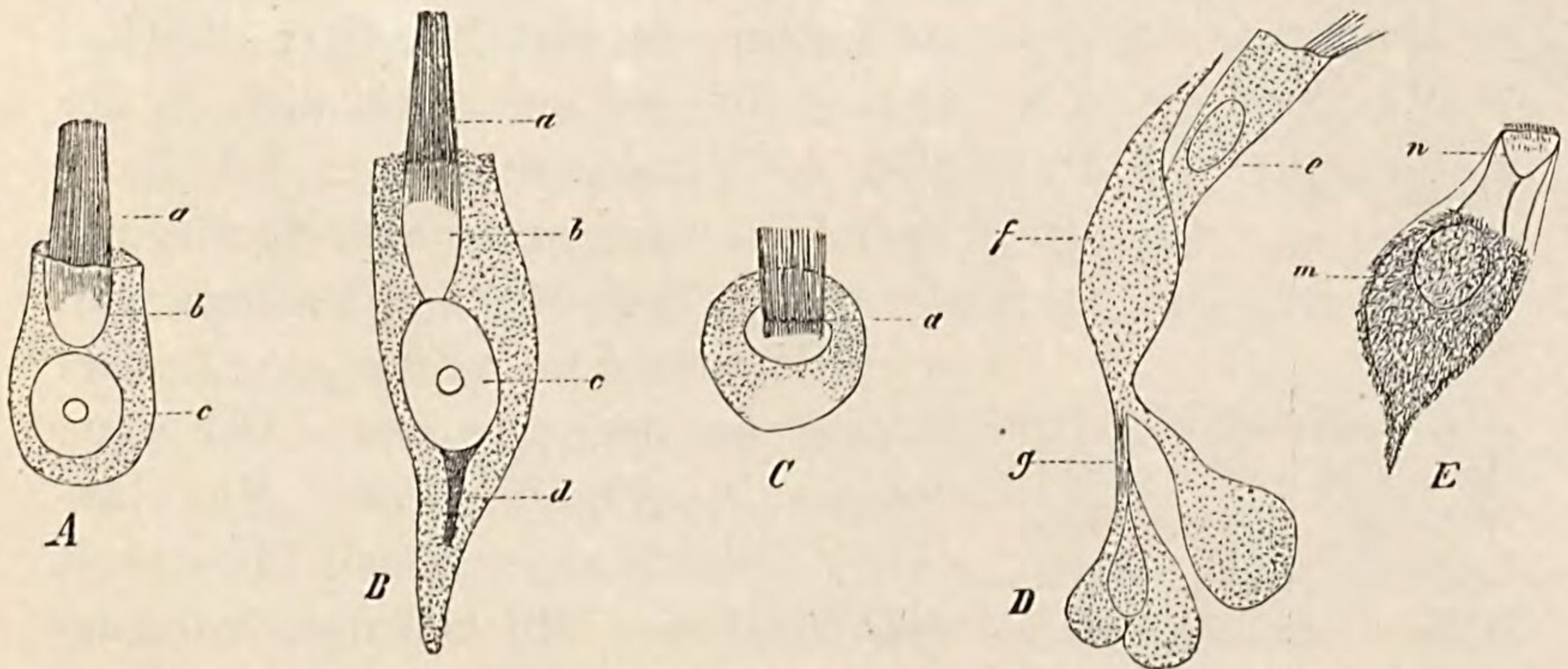
und ebenso haben sie auch im Laufe der Stammesgeschichte dieselbe Orts-Veränderung vollzogen. Die Riechzellen der Nase sind also, ebenso wie die Schmeckzellen der Zunge, historisch Abkömmlinge von gewöhnlichen Tastzellen der äusseren Oberhaut.

Wenn man herkömmlicherweise zwischen niederen und höheren Sinnesorganen unterscheidet, so gebührt diese letztere Bezeichnung eigentlich nur jenen beiden edelsten und wunder-

barsten Organen des Thierkörpers, die wir als Ohr und Auge bezeichnen. Denn nur das Gehörwerkzeug und das Gesichtswerkzeug erreichen jene staunenswürdige Vollendung des feineren Baues und jene entsprechende Vielseitigkeit der Arbeitsleistung, welche sie zu den werthvollsten Instrumenten unseres Seelenlebens macht. Nur das Hörorgan und das Sehorgan sind die ästhetischen Sinneswerkzeuge, die unschätzbaren psychischen Instrumente, welche uns die Pforte zu den höchsten Gütern des Menschenlebens, zu Kunst und Wissenschaft, eröffnen.

Während daher die niederen Sinneswerkzeuge der Druck- und Wärmeempfindung, des Geschmacks- und Geruchssinnes, überall im Thierreiche verhältnissmässig einfache und einförmige Einrichtungen zeigen, treffen wir dagegen bei den höheren Sinnesorganen des Hörens und Sehens eine Fülle von verwickelten und mannigfaltigen Einrichtungen an, die unser höchstes Erstaunen erregen. Aber trotzdem sind auch hier wieder die eigentlichen Vermittler der Empfindung nur veredelte Zellen, und diese „ästhetischen Zellen“, die Hörzellen des Ohres, wie die Sehzellen des Auges, sind wiederum ihrem

Fig. 18.



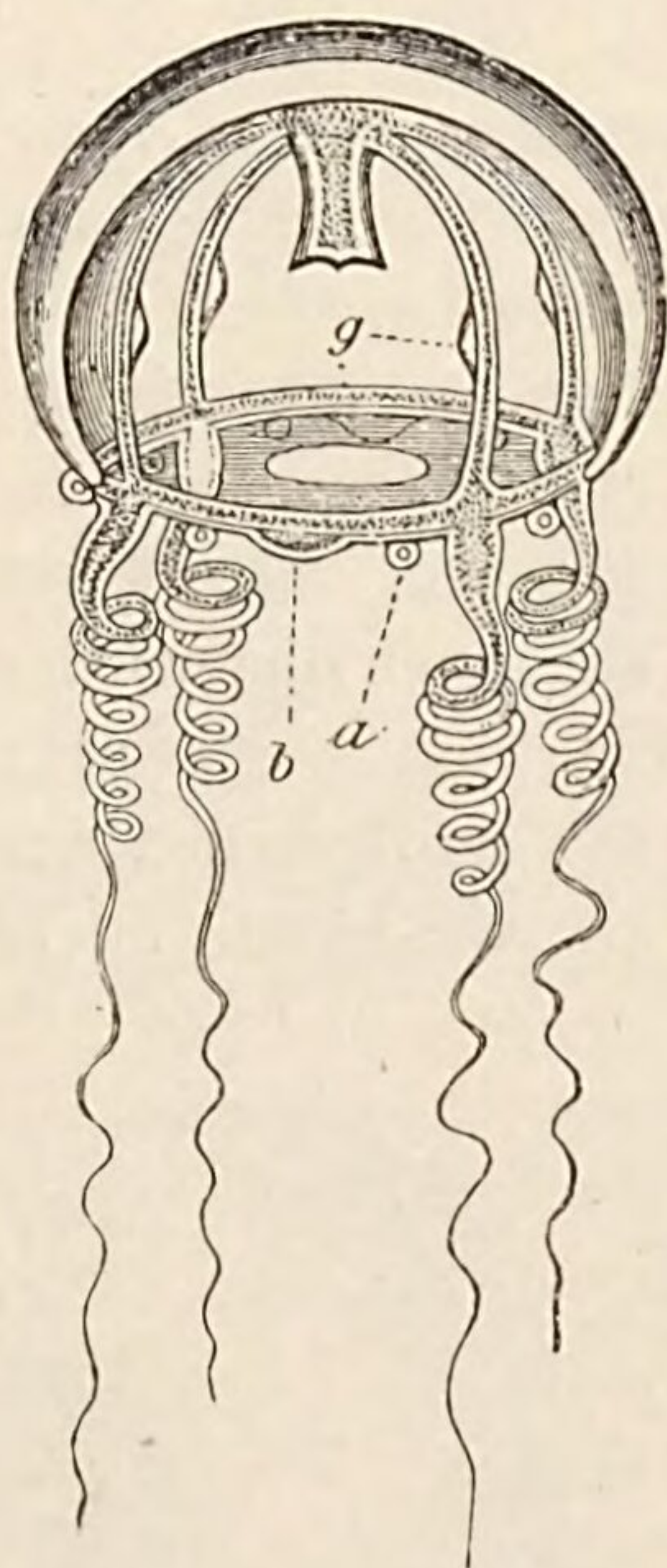
Hörzellen aus der sogenannten „Schnecke“ vom Ohre einer Taube (*Columba*). *A*, *B*, *C* drei einzelne „Haarzellen“, *A* und *B* von der Seite (im Profil), *C* von der äussern Endfläche gesehen. *a* Bündel von Hörhärchen; *b* helle, becherförmige Stelle; *c* Kern mit Kernkörper; *d* dunkler Faden (der wahrscheinlich in eine feinste Nerven-Endfaser übergeht). *D* Eine Haarzelle (*e*) in Verbindung mit einer Zahnzelle (*f*) und eigenthümlichen Kolben-Anhängen (*g*). *E* Eine „Tegmental-Zelle“ mit dunklem Innenstück (*m*) und hellem Aussenstück (*n*).

ältesten Ursprunge nach nichts Anderes, als umgebildete und eigenthümlich ausgebildete Zellen der Oberhaut.

Die merkwürdigen Hörzellen des Ohres sind zu ihrer besonderen Leistung, zur Schallempfindung, dadurch befähigt, dass sie feine borstenförmige Fortsätze tragen, die Hörhärchen (Fig. 18 Hörzellen aus dem Ohre der Taube).

Daher werden sie auch als „Haarzellen“ (nicht recht passend) bezeichnet. Bald trägt jede Hörzelle oder Haarzelle

Fig. 19.



Eine Meduse (Eucope). In der Mitte des glockenförmigen Körpers hängt oben der Magen, von welchem vier Ernährungs-Canäle zum Rande des Schirmes gehen. In der Mitte der Canäle liegen die Eier (*g*). Am Rande des Schirms (*b*) hängen vier Fangfäden und dazwischen acht Gehörbläschen (*a*).

nur ein feines Hörhärchen, bald ein ganzes Bündel oder Büschel von solchen. Die Schallwellen, welche durch das Wasser oder durch die Luft dem Thierkörper zugeleitet werden, treffen diese Hörzellen, und versetzen deren Härchen in Schwingungen. Bei vielen anderen Thieren sind wahrscheinlich solche einzelne Hörzellen in der äussern Oberhaut unregelmässig oder an bestimmten Stellen zerstreut, so z. B. bei Polypen, Medusen, Würmern u. s. w. Bei den meisten niederen Thieren aber sind die Hörzellen im Innern von zwei kugeligen Bläschen angebracht, welche gewöhnlich in der Nähe der Nervencentra liegen, bald tiefer im Innern, bald ganz oberflächlich, unter der Haut. Viele Medusen besitzen zahlreiche Hörbläschen, welche ganz frei am Schirmrande liegen; so trägt z. B. Eucope deren acht. (Fig. 19). Diese „Hörbläschen“ (Fig. 20 *a*) sind mit Flüssigkeit oder Gallerte erfüllt und ihre Wand ist innen mit einer Schicht Zellen ausgekleidet, die entweder sämmtlich oder doch theilweise feine Härchen tragen und sich dadurch als Hörzellen ausweisen (Fig. 21 *e*).

Von aussen tritt ein Hörnerv an das Bläschen heran (Fig. 20) und ver-

Fig. 20.

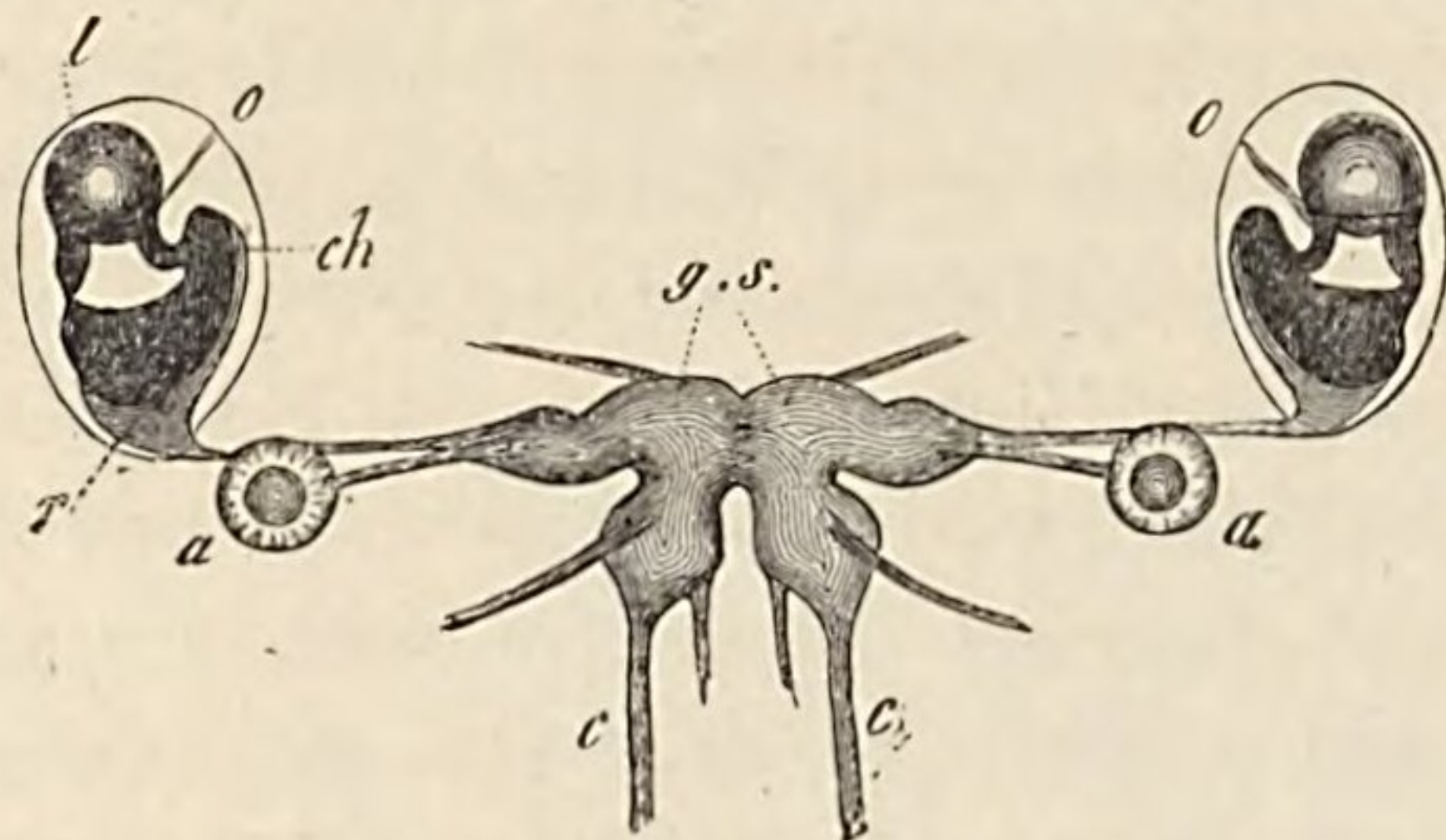


Fig. 21.

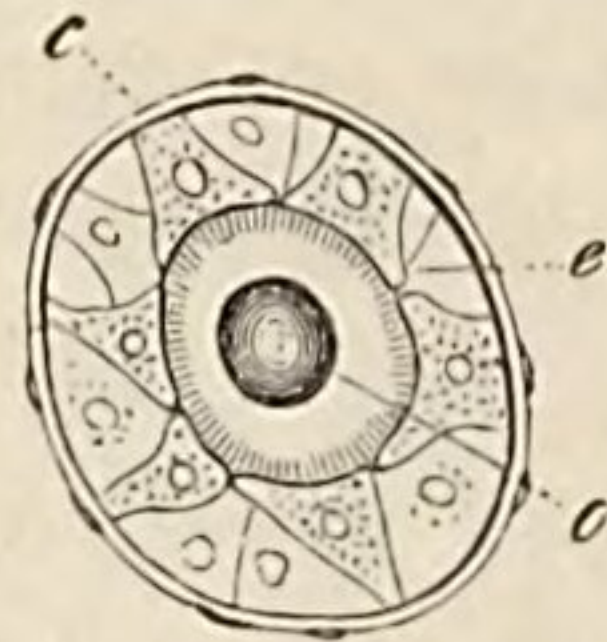


Fig. 20. Seelen-Apparat einer Flossenschnecke (Firola oder Pterotrachea). *a* Hörbläschen. *gs* Gehirn. *c* Nerven (Schlundring). *o* Augen. *l* Linse. *ch* Pigmenthaut des Auges. *r* Ausbreitung des Sehnerven.

Fig. 21. Hörbläschen einer Muschel (Cyclas). *c* Aeussere Kapsel des Hörbläschens. *e* Hörzellen (mit Hörhärchen). *o* Hörsteinchen (Otolith).

theilt seine feinsten Fäserchen an die einzelnen Hörzellen. In der Mitte des Bläschens schwebt gewöhnlich ein Hörsteinchen oder Otolith (Fig. 21 *o*) d. h. eine Kugel, die aus kohlensaurer Kalkerde besteht, oder eine Concretion, die aus vielen Kalkkrystallen zusammengesetzt ist. Die zarten Spitzen der Hörhaare, wie wir die feinen Härchen der Hörzellen nennen, scheinen meistens die Oberfläche des Hörsteinchens zu berühren. Die Schwingungen der Schallwellen, welche von aussen durch die Körperwand dem Hörbläschen zugeleitet werden, übertragen sich durch dessen Wand auf das Hörwasser und den darin schwebenden Hörstein. Die Hörhärchen nehmen die hier gesammelten Schallwellen auf und übersetzen sie in die Empfindung des Geräusches oder Tones, der nun durch den Hörnerven dem Nerven-Centrum zugeführt wird.

In dieser einfachen Form, als kugelige, geschlossene Hörbläschen, welche Hörwasser und in der Mitte einen Hörstein enthalten, treffen wir die Hörorgane bei sehr vielen Würmern verschiedener Klassen, bei Mantelthieren, Muscheln, Schnecken, Kracken und Krebsen an. Unter den Krebsthieren aber zeichnen sich viele, unter Anderen auch unser gewöhnlicher Flusskrebs und der Hummer, dadurch aus, dass die Hörbläschen nicht geschlossen, sondern durch einen kurzen Gang mit der äussern Haut verbunden sind und hier offen in das Wasser münden. An Stelle der gewöhnlichen kalkigen Hörsteinchen, die vom Thier selbst gebildet werden, finden sich aber bei

diesen Krebsen kleine Kieselsteinchen oder Sandkörnchen, die von aussen aufgenommen werden. Trotzdem ist der Gehörsinn hier sehr entwickelt und zahlreiche feine Härchen an der Innenwand der Hörtasche dienen zur Wahrnehmung der verschiedenen Töne. Giebt man auf einer Violine Töne von verschiedener Höhe an und beobachtet gleichzeitig die Hörtasche unter dem Mikroskop, so sieht man, dass bei jedem Ton nur ein bestimmtes Hörhaar in Schwingung geräth. Es ist also eine förmliche Tonklaviatur vorhanden, so dass der Wellenzahl jedes Tones ein Härchen von bestimmter Länge entspricht.

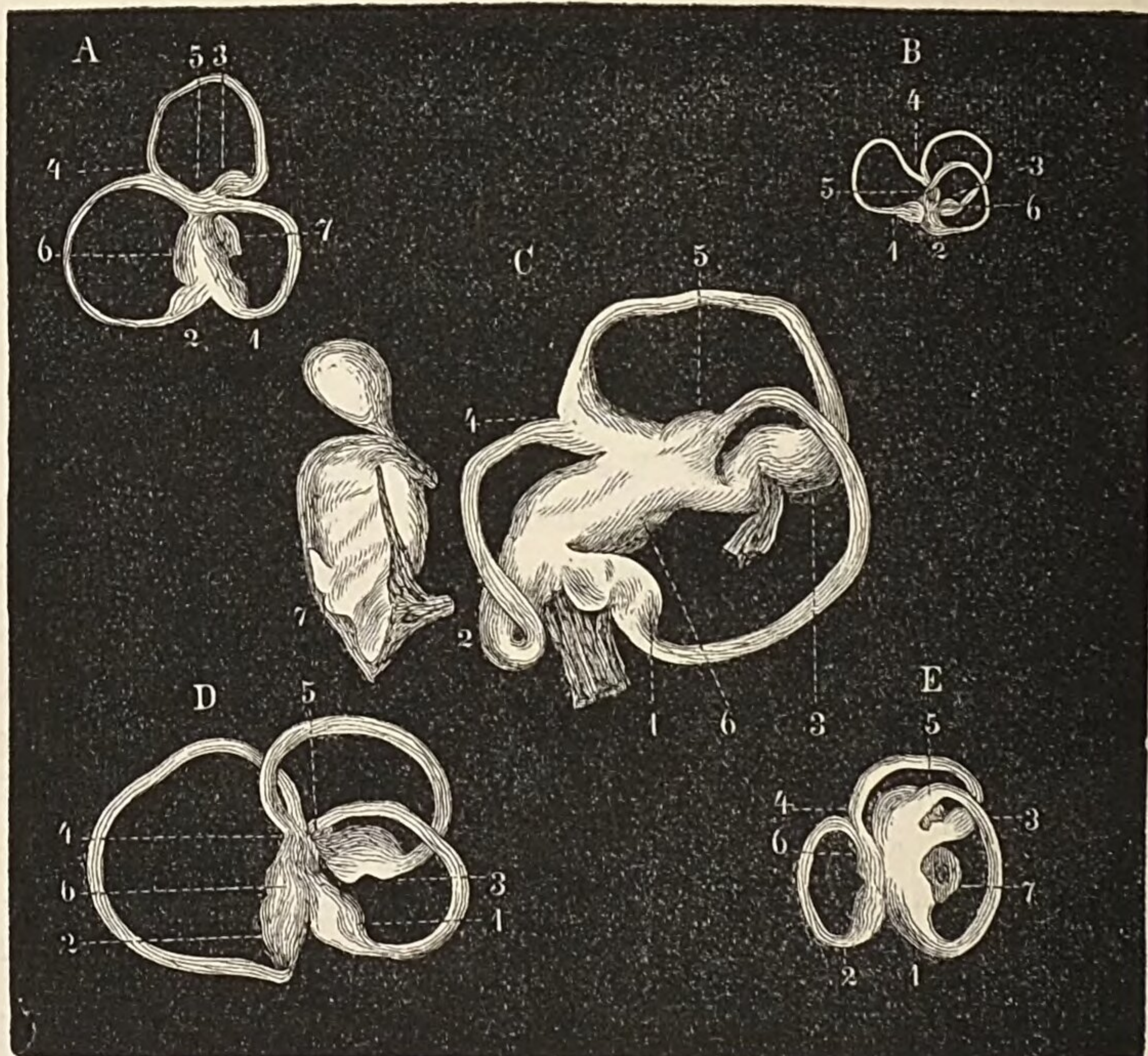
Diese Thatsachen sind in mehrfacher Beziehung von hohem Interesse, vorzüglich deshalb, weil sie uns auf die Ursprungsstätte der inneren Hörbläschen hinführen, auf die äussere Haut. Die Hörbläschen entstehen in der Hautoberfläche als seichte Grübchen, die mit Haarzellen ausgekleidet sind. Allmählich werden diese Grübchen tiefer, gestalten sich zu Hörtaschen und indem sie sich ganz von der Haut abschnüren, zu geschlossenen Hörbläschen. Auch bei den Medusen lässt sich, ebenso wie bei den Krebsen, durch vergleichende Zusammenstellung der neben einander vorkommenden Entwicklungsstufen diese stammesgeschichtliche Entstehung der Gehörbläschen feststellen und durch die keimesgeschichtliche Untersuchung wird sie lediglich bestätigt. Bei manchen Medusen sind es sogar verkürzte Fühler, welche sich unmittelbar in Hörbläschen verwandeln; sie werden von der äussern Haut umwachsen und liegen dann als Hörkölbchen im Innern eines Bläschens. Die Hörhaare im Innern desselben, welche jetzt Schallwellen empfinden, waren früher einfache Tastaare der Oberhautzellen und empfanden nur Druckschwankungen; sie haben sich allmählich dem Verständniss der schnelleren Schallschwingungen angepasst.

Wir sehen hier wieder, wie schwierig die Unterscheidung zwischen Hörorganen und Tastorganen ist. Denn wir können es den zarten Hörhärchen unter dem Mikroskope nicht ansehen, ob sie bloss Druckschwankungen wahrnehmen, oder ob sie bereits Schallschwingungen empfinden gelernt haben. Das ist aber um so mehr zu berücksichtigen, als wir bei vielen niederen Thieren, namentlich Gliederthieren, welche offenbar Gehör besitzen, bisher nicht im Stande gewesen sind, besondere Organe

dafür nachzuweisen. Gerade bei diesen Gliederthieren aber finden wir haartragende Sinneszellen, die mit Hautnerven zusammenhängen, in der Haut weit verbreitet vor; und da ihr fester und elastischer Hautpanzer für die Fortpflanzung der Schallwellen vorzüglich sich eignet, ist es sehr wohl möglich, dass verschiedene Stellen der Hautdecke hier als Hörwerkzeuge thätig sind. Diese Vermuthung ist um so mehr gerechtfertigt, als auch ausgebildete Hörbläschen bei den Gliederthieren an sehr verschiedenen Hautstellen auftreten. Während sie bei unseren gewöhnlichen Krebsen und Krabben ganz vorn im Kopfe, an der Basis der inneren Fühler liegen, finden wir sie dagegen bei anderen Krebsen (Mysis) umgekehrt hinten am Schwanz. Bei den musikalischen Heuschrecken liegen die Gehörorgane bald an den Seiten der Brust, so bei den berühmten Wanderheuschrecken (Acridina), bald sogar in den Schienbeinen der Vorderfüsse (z. B. bei den Heimchen und den grünen Graspferdchen, Grylliden und Locustiden). Unzweifelhaft sind diese Gehörorgane an verschiedenen Stellen, unabhängig von einander, bei den verschiedenen Gliederthieren aus der Haut entstanden. Denn wenn sie von einer gemeinsamen Stammform ererbt wären, würden sie an entsprechenden (oder homologen) Körperstellen liegen.

Auf eine weit höhere Entwicklungsstufe erhebt sich das Hörorgan bei den Wirbelthieren, obgleich sich die Einrichtung desselben im Wesentlichen an diejenige der Würmer anschliesst. Mit einziger Ausnahme des niedersten Vertrebraten, des berühmten Lanzetthierchens (Amphioxus), finden wir bei allen Wirbelthieren, von den Fischen bis zum Menschen hinauf, im Kopfe ein paar ansehnliche Hörblasen vor. Jede Blase besteht aber aus zwei Abtheilungen, aus dem oberen Gehörschlauch und dem unteren Gehörsäckchen. In jeder Abtheilung liegt ein Hörstein oder ein Haufen von zusammengebackenen Kalkkrystallen; und in deren Nähe breitet sich auf der Innenwand der Bläschen der Hörnerv aus, dessen feinste Fäserchen mit den hier sitzenden Hörhaaren in Verbindung treten. Von dem oberen Hörschlauch gehen überall drei ring- oder halbcirkelförmige Kanäle aus; ihre Höhle steht mit derjenigen des Hörschlauchs in Verbindung und ist ebenfalls mit Hörwasser gefüllt (Fig. 22).

Fig. 22.



Hörbläschen (oder sogenannte „häutige Hörlabyrinth“) von verschiedenen Wirbelthieren: *A* vom Menschen, *B* vom Kalbe, *C* vom Hechte, *D* vom Geier, *E* vom Frosche. 1, 2, 3 Die drei Ringcanäle (1 horizontaler, 2 oberer, 3 hinterer); 4 gemeinsames Canalstück; 5 Ampulle (blasenförmige Erweiterung). 6 Gehörschlauch. 7 Gehörsäckchen.

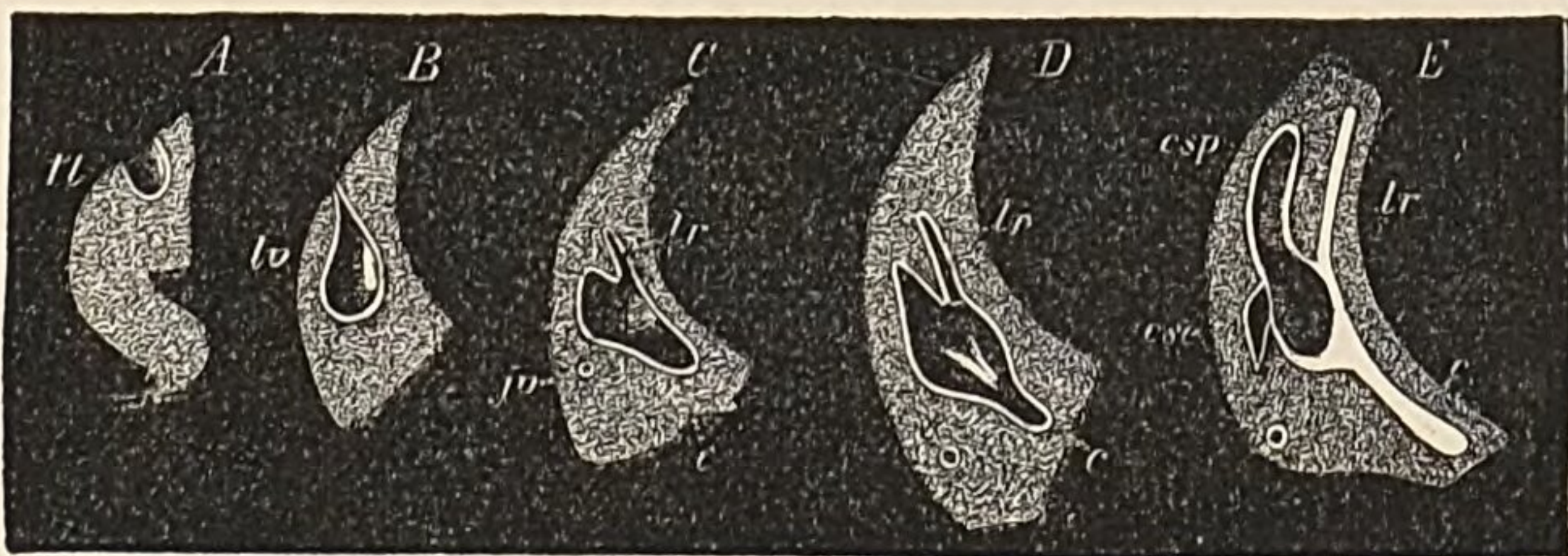
Von dem unteren Hörsäckchen hingegen entwickelt sich bei den höheren Wirbelthieren ein eigenthümliches Organ, das man wegen seiner äusseren Aehnlichkeit mit einem Schneckenhause die Schnecke genannt hat. Wie es scheint, ist diese Schnecke allein im Stande, die musikalischen Tonempfindungen zu vermitteln, während der Gehörschlauch nur zur Wahrnehmung von Geräuschen befähigt ist.

Der feinere Bau dieses inneren Gehörorganes ist beim Menschen und bei den höheren Wirbelthieren so ausserordentlich verwickelt, dass man ihm mit Recht den Namen des Labyrinthes beigelegt hat. Und doch ist der erstaunliche Wunderbau dieses Labyrinthes, aus dessen Irrgängen uns nur der Ariadnefaden der Entwicklungsgeschichte den Ausweg zeigt,

ursprünglich weiter Nichts als ein einfaches Hörbläschen, und ist auch gleich den einfachen Hörbläschen der niederen Thiere aus der äusseren Haut entstanden. Diese merkwürdige Entdeckung wurde im Jahre 1831 von Emil Huschke in Jena gemacht. Um uns von ihrer Richtigkeit zu überzeugen, brauchen wir bloss ein Hühnerei zu untersuchen, das anderthalb Tage in der Brütmaschine gelegen hat. Da erblicken wir seitlich an der Kopfanlage des jungen Hühnerkeims ein paar seichte Grübchen, von den Zellen des Hautsinnesblattes ausgekleidet. Schon am dritten Tage der Bebrütung sind dieselben zu tiefen Hörbläschen geworden, die nur noch durch einen engen Gang mit der äusseren Haut zusammenhängen (vergl. oben Fig. 3, 4 *g*); und am Ende des dritten Tages schnüren sie sich vollständig von der Haut ab (Fig. 23, *A*, *B*). Am vierten Tage rücken die abgeschnürten rundlichen Hörbläschen bereits tiefer in den Kopf hinein. Bald schnürt sich jedes Bläschen in der Mitte ein, so dass sich der obere Hörschlauch vom unteren Hörsäckchen sondert. (Fig. 23, *C*, *D*.)

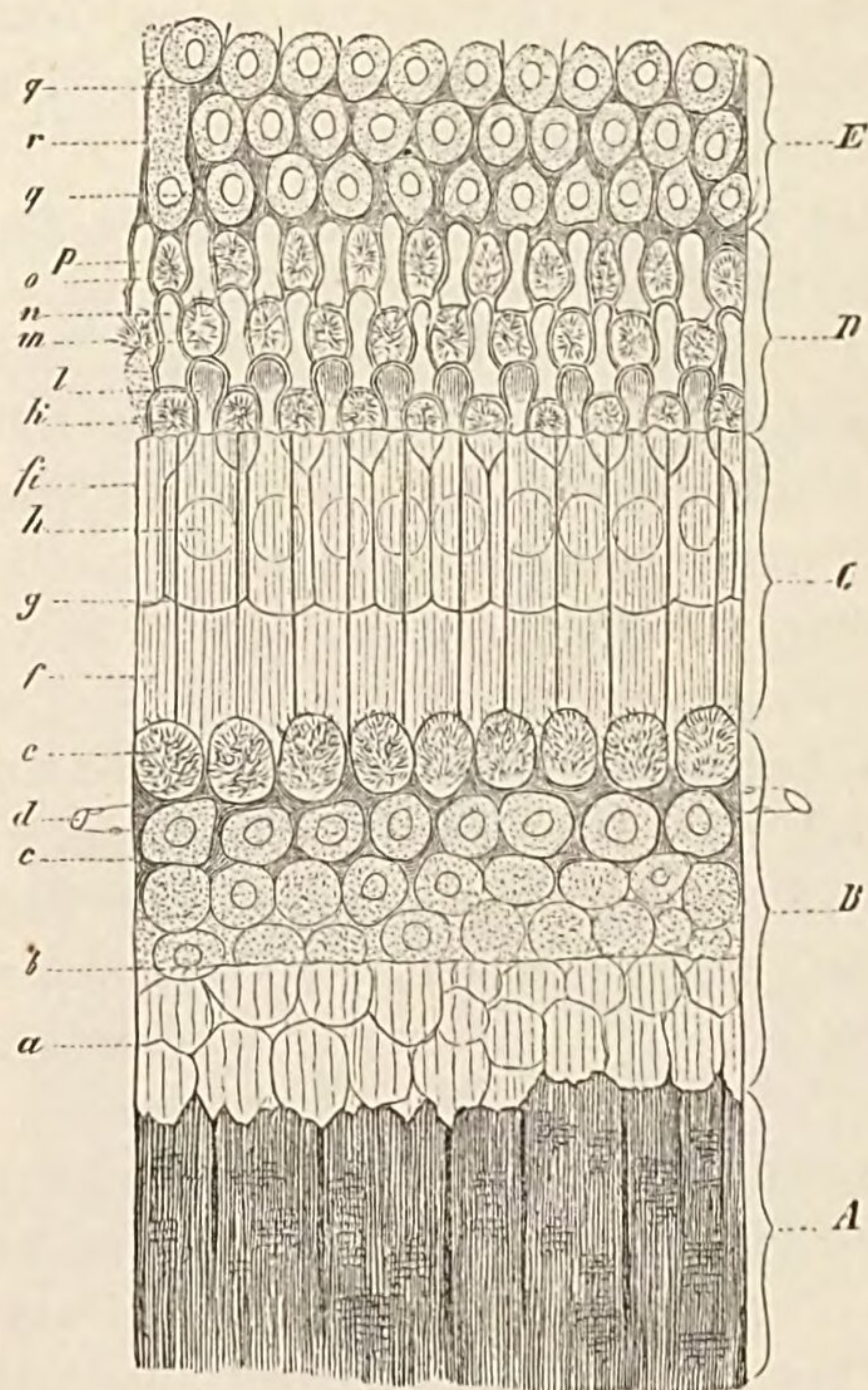
In beiden Abtheilungen bilden sich Hörsteinchen. Aus dem Hörschlauch wachsen die drei Ringcanäle hervor, aus dem Hörsäckchen die Schnecke (Fig. 23 *E*). So sind denn alle Hauptbestandtheile des Labyrinthes angelegt und erlangen allmählich ihre feinere Ausbildung. Aber auch die feinsten Hörzellen, welche sich später in der Schnecke entwickeln, sind doch ursprünglich Nichts, als Abkömmlinge von gewöhnlichen Hautzellen. Auch hier wieder ist die Keimesgeschichte nur

Fig. 23.



Entwicklung des Hörbläschens (oder Gehör-Labyrinthes) beim bebrüteten Hühnchen (in fünf auf einander folgenden Stufen, *A—E*). (Senkrechte Querschnitte der Schädelanlage. *fl* Gehörgrübchen. *lv* Gehörbläschen. *lr* Labyrinthanhang. *c* Anlage der Schnecke. *csp* Hinterer Bogen- gang. *cse* Aeusserer Bogen- gang. *jv* Jugular-Vene (Drosselader).

Fig. 24.



Ein Stückchen vom Corti'schen Organ oder der Deckmembran aus der Schnecke des Hundes. *A* Spiralkamm. *B* Innere Zellendecke (Epithel der Spiralfurche). *C* Pfeilerköpfe (Corti'sche Bogen). *D* Netzplatte mit den äusseren Haarzellen. *E* Aeussere Zellendecke (Epithel der Grundmembran). *a* Zellen der Spiralfurche. *b* Aeussere Grenzlinie der Hörzähne. *c, q* Maschenwerk zwischen den Deckzellen. *d* Spiralgefäss. *e* Innere Haarzellen. *f* Innere Pfeilerköpfe. *g* Grenze zwischen *f* und *h*. *h* Aeussere Pfeilerköpfe. *k—p* Drei Reihen von äusseren Haarzellen. *r* Stützzellen. (Stark vergrössert.)

ein gedrängter Auszug der Stammesgeschichte; und auf demselben Wege, auf dem sich das Hörlabyrinth des Hühnerkeims in wenigen Tagen aus der äusseren Haut entwickelt, auf demselben Wege hat sich auch der Wunderbau unseres menschlichen Hörlabyrinthes im Laufe vieler Millionen Jahre aus einfachen Hörbläschen niederer Thiere geschichtlich entwickelt.

Derjenige Theil des Hörlabyrinthes, der beim Menschen und den übrigen höheren Wirbelthieren alle anderen Theile an bewunderungswürdiger Feinheit und Zusammensetzung des Baues übertrifft, ist das sogenannte Corti'sche Organ oder die Deckhaut der Schnecke (*Membrana tectoria cochleae*, Fig. 24).

Dieses wunderbare Organ verhält sich zu dem einfachen Hörbläschen niederer Thiere (Fig. 18) ungefähr ähnlich, wie ein Bechstein'scher Flügel erster Qualität mit seiner unübertroffenen Claviatur zu der einfachen schwingenden Schnur oder Saite, die

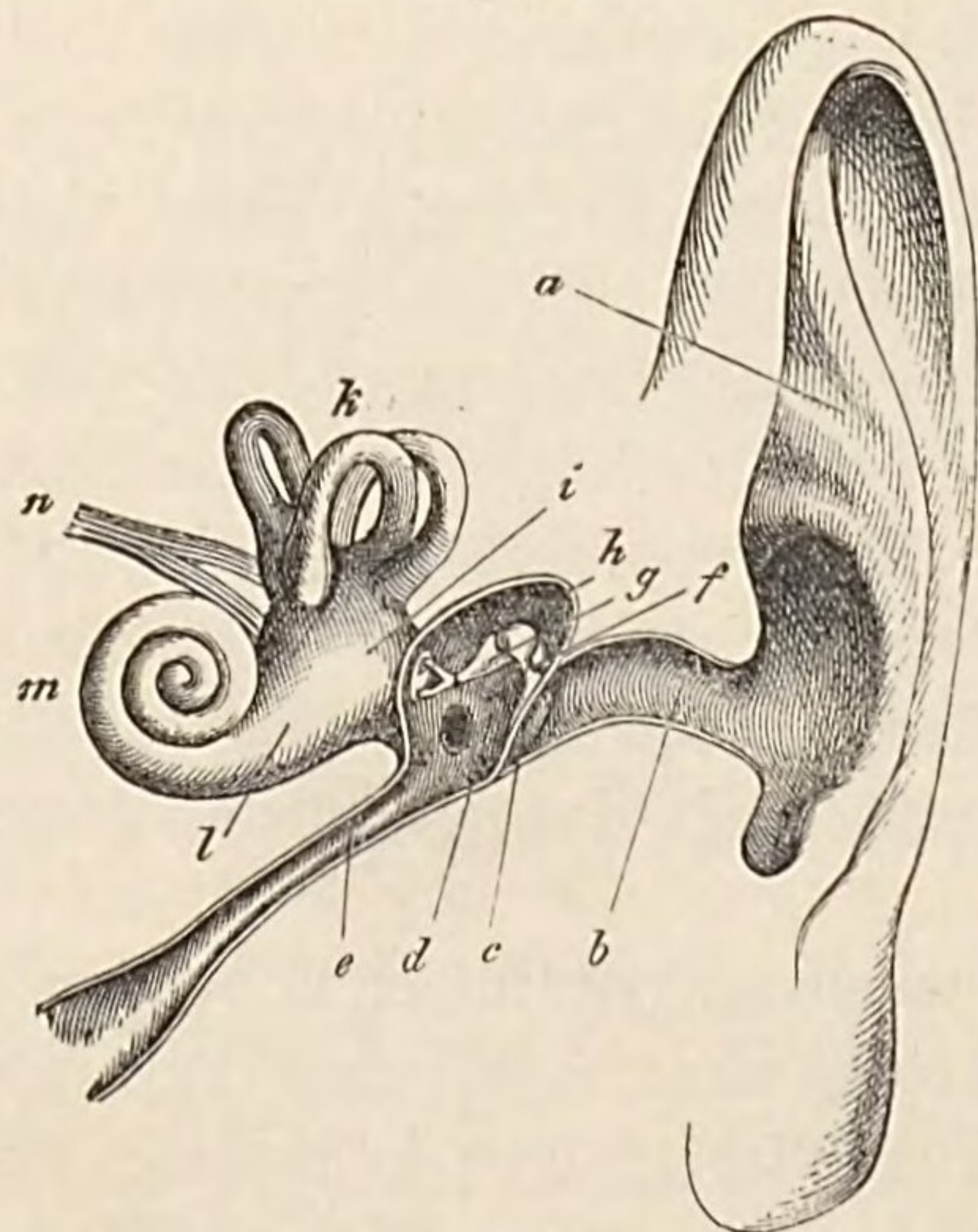
ein Indianer über einen Bogen gespannt hat. Da finden wir in dem Schneckenkanal einen tunnelartigen Gang, der von einer Reihe zierlicher knöcherner Bogen, den Corti'schen Bogen überwölbt wird (*c*). Jeder Bogen besteht aus einem inneren (*f*) und einem äusseren Pfeiler (*h*). Auf diesen Corti'schen Bogen ruhen die wichtigsten akustischen Bestandtheile der Schnecke, die mit feinen Borsten besetzten, musikalischen Haarzellen, in denen die feinsten Fäserchen des Hörnerven endigen. Auf den Köpfen der inneren Pfeiler (*f*) ruht nur eine Reihe von inneren Haarzellen (*e*), dagegen auf den Köpfen der äusseren Pfeiler (*h*) 3—5 Reihen von äusseren Haarzellen (*k—p*). Es ist wahrscheinlich, dass die Zahl und Ausbildung dieser Haarzellen die musikalischen Fähigkeiten der verschiedenen Säugethiere bedingt. Der musikalische Culturmensch scheint 4—5 Reihen, der rohe Naturmensch 3—4 Reihen, das gewöhnliche Säugethier aber nur 3 Reihen von äusseren Haarzellen zu besitzen; der Wagner'sche Musikmensch der Zukunft wird wahrscheinlich 6 oder noch mehr Reihen besitzen. Die höchst verwickelte Zusammensetzung und Anordnung der Zellen im Corti'schen Organ erinnert vielfach an die ähnlichen Verhältnisse in der Sehhaut oder Netzhaut des Auges; und wie die letztere aus einer einfachen Schicht von Sehzellen, so hat sich das erstere aus einer einfachen Lage von Hörzellen im Laufe vieler Millionen Jahre allmählich entwickelt. Sowohl diese Sehzellen, wie jene Hörzellen stammen von gewöhnlichen Oberhautzellen ab und haben sich erst allmählich von der äusseren Hautfläche in das geschützte Innere des Körpers zurückgezogen.

Mit dem Ausbau dieses bewunderungswürdigen Labyrinthes ist nun aber die Zusammensetzung des akustischen Apparats beim Menschen und den höheren Wirbelthieren keineswegs erschöpft. Vielmehr gesellen sich zu diesem wesentlichsten Theile des Hörorgans noch andere äussere Theile, welche die Schallwellen auffangen und zum Labyrinthe hinführen. Den Fischen fehlen solche noch. Bei diesen Wasserthieren treten die Schallwellen unmittelbar aus dem Wasser auf die Haut und die Kopfknochen über, und von da auf das innen im Kopf gelegene Labyrinth. Bei manchen Fischen wird die Schallempfindung noch dadurch verstärkt, dass das Labyrinth in eigenthümliche

Verbindung mit der luftgefüllten Schwimmblase tritt und zwar bei den Häringen mittelst besonderer Luftcanäle, bei den Karpfen und Welsen durch eine Kette von Gehörknöchelchen. Der hydrostatische Apparat der Schwimmblase dient dann als Resonanzboden.

Ein besonderer Schallleitungsapparat entwickelt sich bereits bei den Amphibien, den Salamandern, Fröschen u. s. w. Da diese Thiere abwechselnd im Wasser und auf dem Lande leben, ist ihnen ein solcher Apparat, bei der schlechteren Schallleitung der Luft, von grossem Vortheil. Ein rundes Trommelfell oder Paukenfell, das in der äusseren Kopfhaut liegt und die Schallwellen aus der Luft aufnimmt, begrenzt eine luftgefüllte Trommel- oder Paukenhöhle, welche durch eine Röhre, die Ohrtrompete, in die Schlundhöhle mündet. Das Labyrinth liegt innen an der Trommelhöhle und erhält die Schallwellen theils

Fig. 25.



Gehörorgan des Menschen.
(Linkes Ohr, von vorn gesehen.) *a* Ohrmuschel. *b* Aeusserer Gehörgang. *c* Trommelfell. *d* Trommelhöhle. *e* Ohrtrompete. *fgh* Die drei Gehörknöchelchen (*f* Hammer, *g* Ambos, *h* Steigbügel). *i* Gehörschlauch. *k* Die drei Ringcanäle. *l* Gehörsäckchen.
m Schnecke. *n* Hörnerv.

durch die darin enthaltene Luft zugeführt, theils durch das Hörsäulchen (Columella), einen stabförmigen Knochen, welcher das Trommelfell direkt mit der Labyrinthwand verbindet. Dieser ganze Leitungsapparat, den die Amphibien weiterhin auf die höheren Wirbelthiere vererbt haben, hat sich ursprünglich aus der ersten Kiemenspalte und den beiden angrenzenden Kiemenbogen der Fische entwickelt; das wird durch die vergleichende Anatomie im Einklang mit der Keimesgeschichte bewiesen.

Ein Entwicklungsproduct der äusseren Kopfhaut aus viel späterer Zeit ist das äussere Ohr, welches der Mensch mit den Säugethieren theilt.

Dieses äussere Ohr besteht aus der Ohrmuschel (Fig. 25 *a*), welche die Schallwellen aus der Luft auffängt, und dem äusseren Gehörgang (*b*), der sie zum Trommelfell (*c*) führt. Dieselben entwickeln sich aus einer ringförmigen Hautfalte, welche die Umgebung der ersten Kiemenspalte begrenzt. Bei den feinhörigen Säugethieren, die an Schärfe des Gehörs den Menschen bei weitem übertreffen, ist die Ohrmuschel viel stärker entwickelt und frei beweglich. Durch besondere Muskeln wird sowohl ihre Stellung als ihre Form verändert, um die Schallwellen aus verschiedenen Richtungen in möglichst günstiger Lage aufzufangen. Ganz auffallend gross und beweglich sind daher die äusseren Ohren bei Wüstenbewohnern, bei den Springmäusen und Füchsen der Sahara; denn hier gilt es, in der Todesstille der weiten Ebene auch die leisesten Töne aus weiter Ferne aufzufangen. Beim Menschen hingegen, der an Schärfe und Feinheit der Schall-Empfindung wie der Geruchsempfindung weit hinter jenen Thieren zurücksteht, hat die Ohrmuschel ihren Werth verloren und ist zu einem unnützen oder rudimentären Organ herabgesunken. Menschen mit abgeschnittenen Ohren hören noch eben so gut wie vorher. Auch bei vielen Hausthieren mit schlaff herabhängenden Ohren, Hunden, Kaninchen, Ziegen, hat der Nichtgebrauch der Ohrmuskeln in Folge des Culturzustandes zu ihrer Entartung geführt; auch hier ist die Ohrmuschel allmählich überflüssig geworden und ausser Dienst getreten. Dass die Ohrmuschel des Menschen ein rudimentäres Organ ist, zeigt auch die ausserordentliche Mannigfaltigkeit ihrer Grösse und Gestalt, wodurch sie vielleicht alle anderen Organe übertrifft. In grossen Versammlungen, in denen unser Interesse nicht genügend gefesselt ist, giebt es keine lehrreichere Unterhaltung, als die vergleichende Betrachtung der unendlich mannigfaltigen Ohrmuscheln.

Die Australneger, Papuas, Hottentotten und andere Wilde, deren Gehörschärfe diejenige der Cultur-Völker weit übertrifft, können auch ihre Ohrmuschel gewöhnlich noch gut bewegen und einstellen. Indessen auch manche bevorzugte Personen unter den Culturvölkern sind heute noch dazu fähig, und einige berühmte Physiologen, z. B. Johannes Müller, haben es lediglich durch energische, lange fortgesetzte Willensanstrengung

und vieljährige Uebung dazu gebracht, ihre Ohren wieder frei und lebhaft zu bewegen. Es ist dies eins der merkwürdigsten Beispiele für die grosse Macht der Uebung und Gewohnheit, des gewaltigsten Hebels der Anpassung. Denn allein durch fortgesetzte Nerventhätigkeit, durch die Macht des anhaltenden Willens, sind hier alte, bereits ausser Dienst getretene Muskeln wieder in den activen Dienst zurückversetzt.

Auch in anderen Beziehungen liefert die geschichtliche Entwicklung unseres Gehörorgans uns sehr lehrreiche Aufschlüsse über die erstaunliche Macht der Uebung und Gewohnheit, der Erziehung und Anpassung. Welcher Gegensatz zwischen den rohen Ton-Empfindungen eines Wilden, dessen höchster musikalischer Genuss die rhythmische Wiederholung eines Geräusches oder höchstens eines einfachen Tones der Trommel oder Pfeife ist; und dem musikalischen Verständniss eines gebildeten Culturmenschen, dessen Ohr sich an den classischen Harmonien einer Mozart'schen Oper oder einer Beethoven'schen Symphonie ergötzt! Und welcher grössere Gegensatz noch zwischen diesen letzteren und den übercultivirten Schwärmern für Wagner'sche Zukunftsmusik, die nur noch in verwickelten Disharmonien das eigentliche Ziel ästhetischen Ton-Genusses finden! Schauen diese Zukunfts-Musiker doch auf die Ton-Empfindungen von uns gewöhnlichen Culturmenschen mit derselben mitleidigen Verachtung herab, mit der wir die rohe Tonkunst der Wilden, die einförmigen Klänge eines Tam-Tam oder einer schrillen Pfeife anhören. Aber auch unsere Stammältern vor fünftausend oder zehntausend Jahren waren sicher solche Wilde; und das musikalische Gehör unserer Kinder durchläuft in wenigen Jahren noch denselben Stufengang der Entwicklung, welchen in der Culturgeschichte die Ton-Aesthetik von der Wildenmusik bis zum Zukunfts-Concert durchlaufen musste!

Da sich jede organische Leistung oder Arbeit nur Hand in Hand mit ihrem Organ entwickelt, so unterliegt es keinem Zweifel, dass mit diesem geschichtlichen Fortschritte der Tonempfindung auch eine entsprechende Vervollkommnung unseres Hör-Labyrinths eng verknüpft ist. Der feinere Bau unserer Schnecke ist heute ein anderer, als er bei unseren wilden Vorfahren vor fünftausend Jahren war. Und auch das Hörlabyrinth

der wilden Naturvölker wird vermuthlich im feineren Bau noch heute gewisse Unterschiede von dem der Culturvölker darbieten. Damit steht nicht im Widerspruch, dass die ersteren ein schärferes Gehör besitzen als die letzteren. Denn die Schärfe des Ohres beim fernhörenden Wilden ist ganz etwas Anderes als die Feinheit des musikalisch gebildeten Gehörs beim Culturmenschen. Die stärkere quantitative Leistung des ersteren ist von der höheren qualitativen Leistung des letzteren ganz verschieden. Dasselbe gilt auch vom Geruchssinn und Gesichtssinn. Wenn die Wilden viel weiter in die Ferne sehen und viel deutlicher schwache Gerüche wahrnehmen können, als der Culturmensch, so ist ihnen doch dieser weit überlegen in der feinen Unterscheidung der Gerüche und in der ästhetischen Ausbildung des Farbensinns und Formensinns, dem Resultate tausendjähriger Culturentwicklung.

Ganz ähnliche Verhältnisse der historischen Entwicklung und der stufenweisen Ausbildung, wie beim Hörorgan, finden wir auch beim Sehorgan. Auch das Auge, dieses herrlichste und vollkommenste aller Sinneswerkzeuge, ist nicht durch den Machtspruch eines planmässig bildenden Schöpfers plötzlich in's Dasein gerufen worden, sondern hat sich gleich allen anderen Organen durch natürliche Züchtung im Kampfe um's Dasein langsam und allmählich von selbst entwickelt. Wie Aug und Ohr, diese beiden edelsten Sinneswerkzeuge, die Organe des Schönheitsgefühls, in ihrem anatomischen Bau und ihrer physiologischen Thätigkeit vielfach verschieden und doch vergleichbar sind, so gilt das auch von ihrer Entwicklungsgeschichte. In ähnlicher Weise, wie der Hörsinn des Ohres aus dem Tastsinn der Haut, hat sich der Lichtsinn des Auges aus dem Wärmesinn der Haut hervorgebildet. Die vergleichende Anatomie und Keimesgeschichte zeigt uns beim Auge, wie beim Ohr, eine lange Kette von verschiedenen Entwicklungsstufen. Auch hier dürfen wir daraus den stammesgeschichtlichen Schluss ziehen, dass das bewunderungswürdige Sehwerkzeug des Menschen und der höheren Thiere nur das letzte Ergebniss einer langen Reihe von Anpassungs-Vorgängen ist, die durch Vererbung allmählich angehäuft wurden und die

uns Schritt für Schritt von der niedersten zur höchsten Bildungsstufe hinauf führen.

Der erste Anfang des Sehorgans bei niederen Thieren ist nichts Anderes, als ein einfacher, dunkler Fleck in der hellen Haut, gewöhnlich ein schwarzer oder rother Pigmentfleck. Sogar schon bei einzelligen Protisten scheinen oft solche dunkle Farbstoff-Fleckchen die Lichtempfindung zu vermitteln. Einzelne Farbstoff-Zellen oder Haufen solcher Pigmentzellen bilden den Anfang zu einem einfachsten Auge bei vielen Pflanzenthieren und Würmern. Wenn sich in der hellen Haut derselben an einzelnen Stellen Farbstoff oder Pigment ablagert, so müssen diese dunkeln Flecke die Temperatur-Veränderungen des umgebenden Wassers oder der Luft stärker empfinden, als die benachbarten helleren Hauttheile. Denn bekanntlich werden die Licht- und Wärme-Strahlen von dunkeln Körpern verschluckt oder absorbirt, von hellen zurückgeworfen oder reflectirt. Ein schwarzer Stein wird im Sonnenschein viel rascher heiss als ein weisser. Mit der Bildung dunkler Flecken in der Haut ist daher schon der erste Anfang zu einem Auge gemacht, aber freilich nur zu einem Wärmeauge oder Lichtauge, das Warm und Kalt, Hell und Dunkel besser unterscheidet, als die umgebende übrige Haut. Die gewöhnlichen Hautnerven, welche an jene dunkeln Farbstoffzellen oder Pigmentzellen der Haut herangehen, haben bereits die erste Stufe der glänzenden Laufbahn betreten, auf der sie sich zum höchsten Sinnesnerven, zum Sehnerven entwickeln.

Aber von einem wirklichen Auge verlangen wir doch mehr, als die blosse Unterscheidung von Hell und Dunkel. Das wahre Auge entwirft ja ein Bild von den Gegenständen der umgebenden Aussenwelt; und die innere Augenfläche, auf welcher dieses Bild wie auf der sensitiven Platte eines photographischen Apparates oder einer Zauberlaterne entworfen wird, ist die Ausbreitung des Sehnerven, die sogenannte Netzhaut (oder Retina). Ein solches Bild kann aber auf dieser empfindenden Nervenfläche erst dann zu Stande kommen, wenn ein lichtbrechender Körper, eine Linse, vorhanden ist. Diese gewölbte Linse, einem Brillenglase oder einem einfachen Vergrößerungsglase ähnlich, sammelt die Lichtstrahlen, die von den äusseren Gegen-

ständen kommen und entwirft auf der Netzhaut ein verkleinertes Bild davon, welches von den Sehzellen empfunden und von dem Sehnerven zum Gehirn fortgeleitet wird. Mit der Bildung einer durchsichtigen, lichtbrechenden Linse, der Krystalllinse, geschieht daher der grosse Fortschritt von einem blossen Lichtauge zu einem wirklichen Bildauge. Dieser bedeutungsvolle Fortschritt vollzieht sich bei niederen Thieren, insbesondere bei Würmern und Pflanzenthieren, in sehr verschiedener Weise. Bald ist es eine einzige, stark angeschwollene, kugelige oder linsenförmige, gewölbte Hautzelle, die sich zur Krystalllinse entwickelt, bald eine Gruppe von vereinigten Hautzellen, bald nur eine erhärtete Ausscheidung der Haut (wie die Chitinlinse der Gliederthiere).

Jetzt sind bereits alle Bausteine für den Aufbau des viel verwickelteren Auges der höheren Thiere und des Menschen gegeben, nämlich: 1) eine lichtbrechende, in der Haut gelegene Linse; 2) der Sehnerv, der sich an der inneren Fläche der Linse als Retina ausbreitet; und 3) eine Pigmenthaut oder Farbenhaut, eine Schicht von dunkeln Hautzellen, welche die Netzhaut und somit die Linse umgeben. Die Krystalllinse bricht die Lichtstrahlen und sammelt sie zu Bildern; die Pigmenthaut verschluckt oder absorbirt dieselben, und die Sehzellen der Netzhaut setzen sie in Empfindung um, welche durch den Sehnerven zum Central-Apparat des Gehirns geleitet wird. Alle diese wesentlichen Theile eines einfachen Auges sind ursprünglich Bildungen der äusseren Haut; das beweist die vergleichende Anatomie in Verbindung mit der Keimesgeschichte. Wir ziehen daraus für die Stammesgeschichte der Thiere den hochwichtigen Schluss, dass auch die langsame und allmähliche geschichtliche Entwicklung der Sehwerkzeuge im Laufe vieler Millionen Jahre denselben Weg gegangen ist, und dass überall das Auge ursprünglich aus Zellen der Hautdecke sich entwickelt hat.

Freilich ist nun noch ein weiter Weg von diesem einfachen Auge der niederen Thiere mit seinen drei wesentlichen Bestandtheilen, bis zu dem viel vollkommneren Auge der höheren Thiere, das aus mehr als dreissig verschiedenen Organ-Theilen zusammengesetzt sein kann. So interessant es auch ist, diesen langen Stufengang aufsteigender Entwicklung Schritt für Schritt zu verfolgen, so können wir doch hier wegen der schwierigen

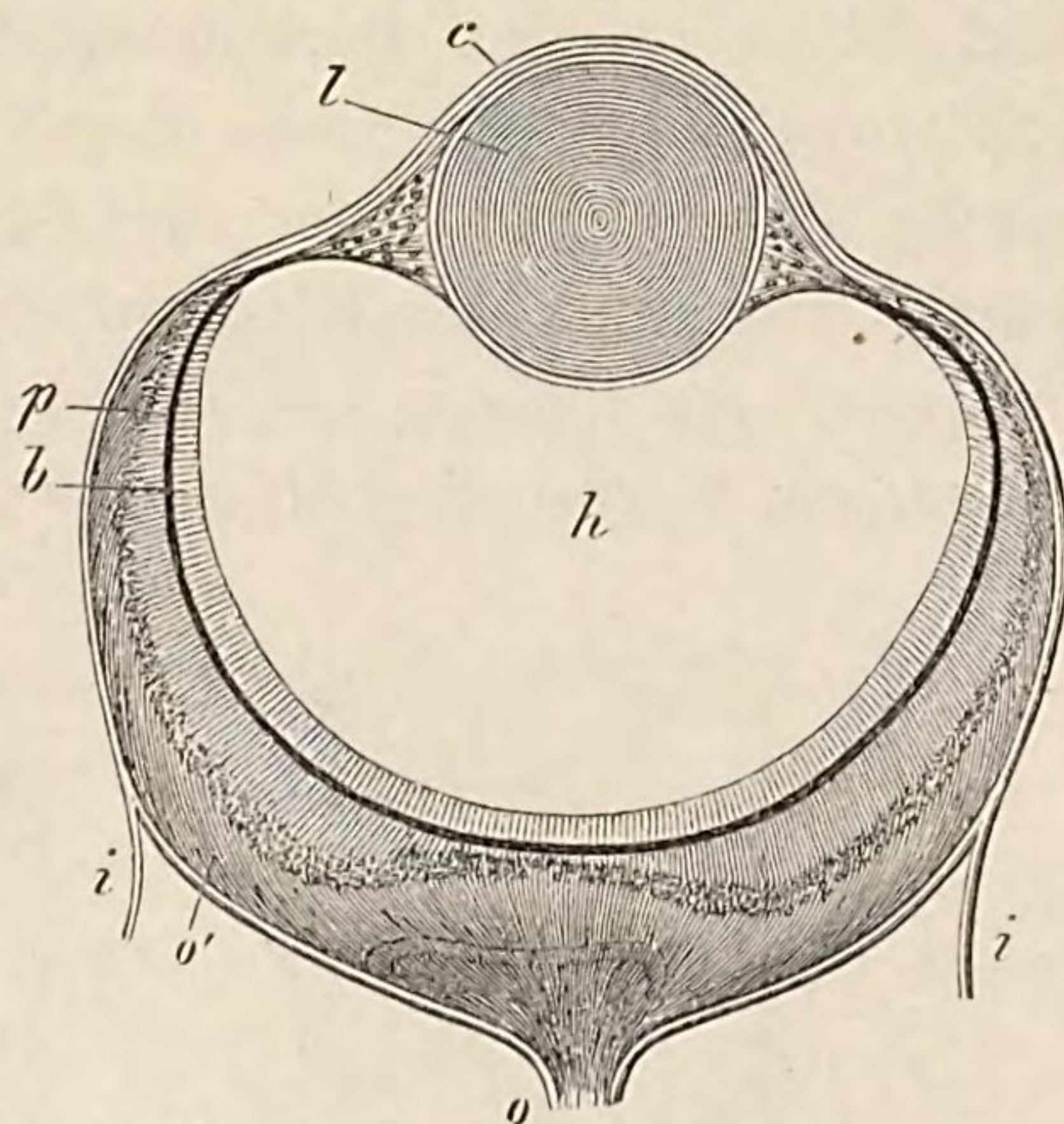
Verwicklung der feineren anatomischen und genetischen Verhältnisse nicht näher darauf eingehen. Der wundervolle Bau des Auges in den verschiedenen Thier-Klassen ist viel mannigfaltiger und vollkommener als der des Ohres. Und wie der Gesichtssinn hoch über den Gehörsinn sich erhebt, wie die bildende Kunst hoch erhaben über der Tonkunst steht, so ist auch der Bau und die Entwicklung des Auges ungleich interessanter und merkwürdiger, als diejenige des Ohres, aber freilich auch ebenso viel schwieriger. Wir müssen uns daher schliesslich hier mit einigen kurzen Andeutungen über die weitere geschichtliche Entwicklung des Seh-Organes begnügen.

Zunächst verbessert die natürliche Züchtung bei der weiteren Ausbildung des Auges den lichtbrechenden Apparat, indem sie an die Stelle einer einfachen Linse eine sehr verwickelte Combination von verschiedenen lichtbrechenden Körpern setzt, von denen die wichtigsten eine harte geschichtete Linse und ein weicher, halbflüssiger Glaskörper sind (Fig. 26, *l*, *h*). Dadurch werden die optischen Fehler der einfachen Linse vermieden. Sodann tritt an die Stelle einer einfachen Farbenhaut eine verschiedenartige, aus mehreren Schichten zusammengesetzte Aderhaut oder Choroidea, mit reflektirenden Tapeten, Sichelfortsätzen, Kämmeu u. s. w. Endlich und vor Allen wird der nervöse Apparat des Auges ausserordentlich vervollkommenet. An die Stelle einer einfachen Nerven-Ausbreitung tritt eine sehr verwickelte Netzhaut-Bildung, welche aus vielen verschiedenen Schichten zusammengesetzt ist.

Besonders lehrreich für diese historische Entwicklung des Auges ist die grosse Gruppe der Würmer, weil wir hier eine vollständige Stufenleiter der Ausbildung desselben verfolgen können. Bei den niedersten Würmern wird das Auge bloss durch einzelne Farbstoffzellen oder Pigmentzellen vertreten. Bei anderen gesellen sich dazu lichtbrechende Zellen, die eine einfachste Linse bilden. Hinter diesen Linsenzellen entwickeln sich Sehzellen, welche in einer einfachen Lage eine Netzhaut einfachster Art bilden und mit den feinsten Endfäserchen des Sehnerven in Verbindung stehen. Endlich bei den Alciopiden, hochorganisirten Ringelwürmern, die an der Oberfläche des Meeres schwimmen, hat die Anpassung an diese Lebensweise

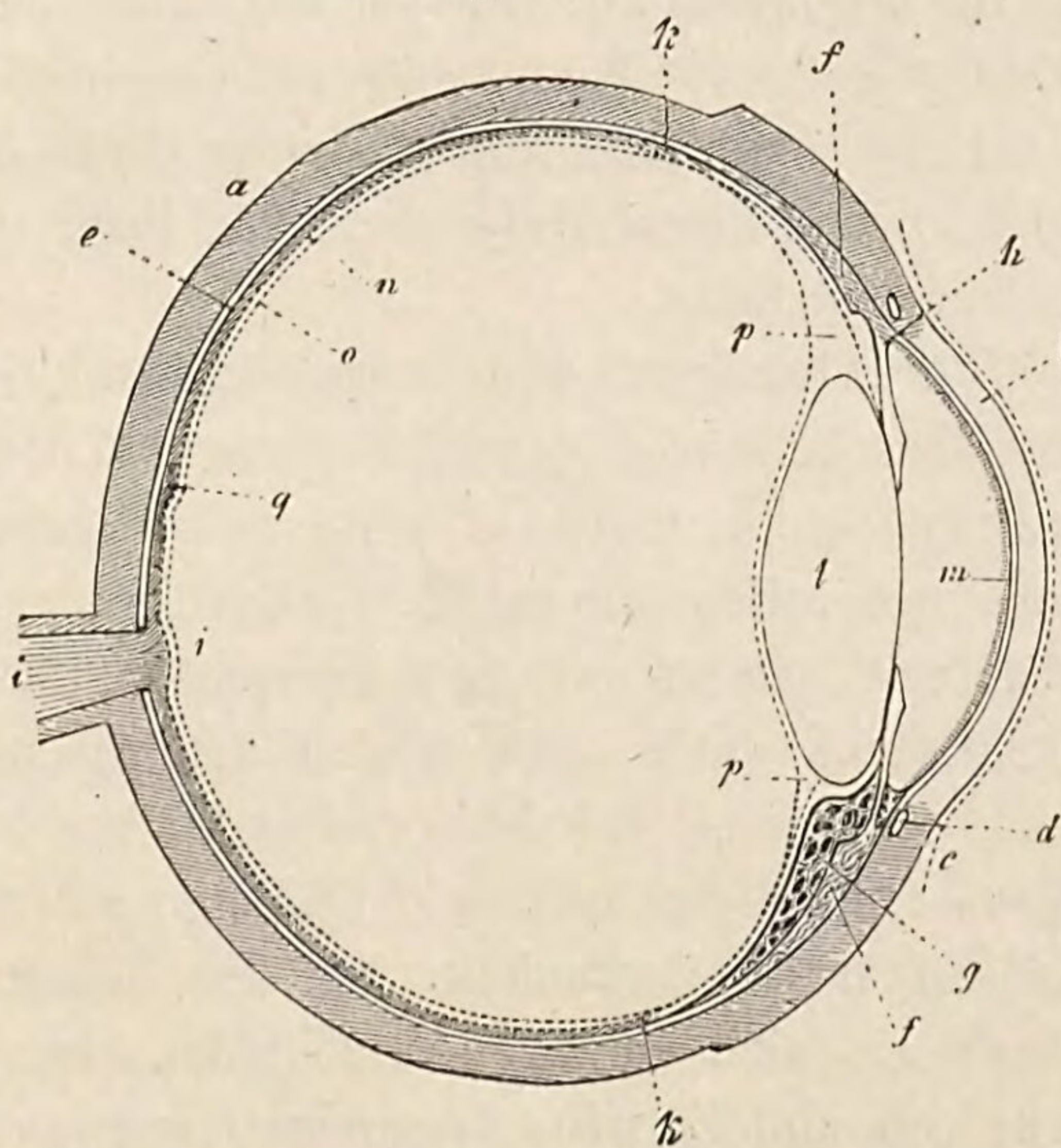
eine solche Vervollkommnung des Auges bedingt, dass es den Augen niederer Wirbelthiere Nichts nachgiebt (Fig. 26). Da finden wir einen grossen kugeligen Augapfel, der aussen eine geschichtete kugelige Linse (*l*), innen einen umfangreichen Glaskörper (*h*) umschliesst. Unmittelbar um diesen herum liegen die lichtempfindenden Stäbchen der Sehzellen (*b*), welche durch eine Schicht von Farbstoffzellen (*p*) von der äusseren Ausbreitung des Sehnerven (*o*), der Netzhaut (*o*₁) getrennt werden. Die äus-

Fig. 26.



Auge eines Ringelwurmes (*Alciope*). *l* Linse. *h* Glaskörper. *b* Stäbchenzellenschicht. *p* Pigmentschicht (*Pigmentosa*). *o* Sehnerv. *o*₁ Ausbreitung desselben. *i* Hautdecke, welche vorn über dem Auge eine Hornhaut bildet (*Cornea*, *c*).

Fig. 27.

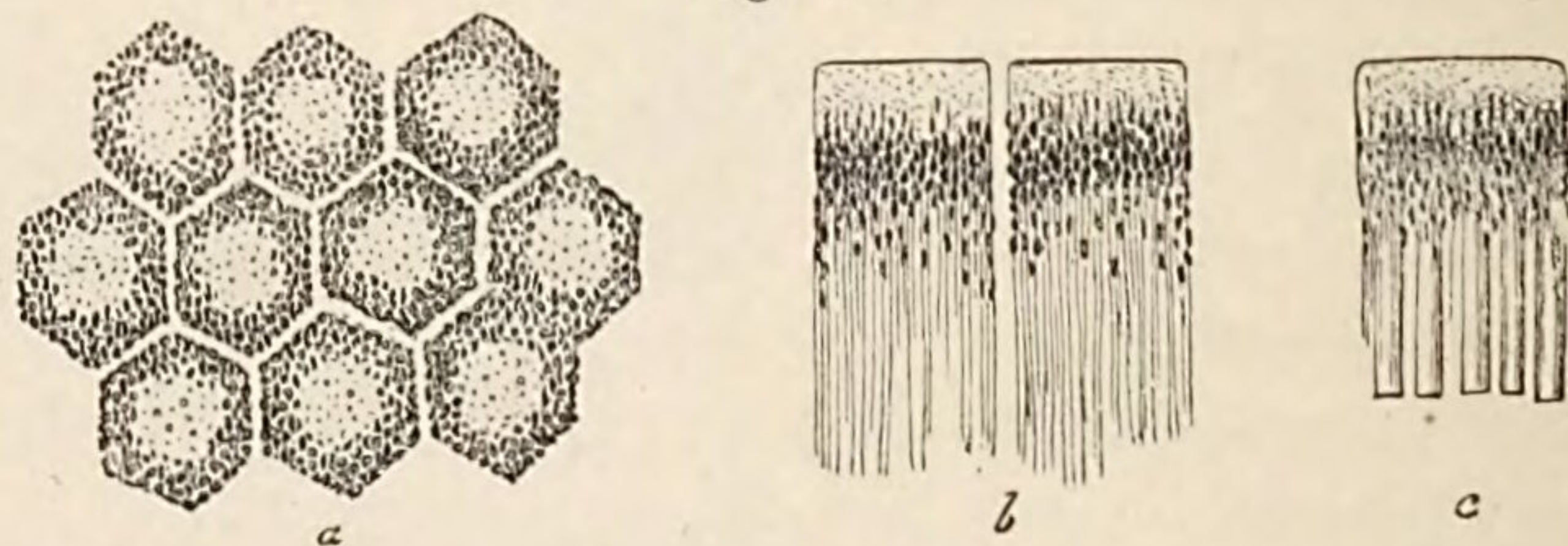


Auge des Menschen im Querschnitt. *a* Schutzhaut (*Sclera*). *b* Hornhaut (*Cornea*). *c* Oberhaut (*Conjunctiva*). *d* Ringvene der Iris. *e* Aderhaut (*Choroidea*). *f* Ciliar-Muskel. *g* Faltenkranz (*Corona ciliaris*). *h* Regenbogenhaut (*Iris*). *i* Sehnerv. *k* Vorderer Grenzrand der Netzhaut. *l* Krystalllinse. *m* Wasserhaut (*Membrana Descemeti*). *n* Pigmenthaut (*Pigmentosa*). *o* Netzhaut. *p* Petits-Canal. *q* Gelber Fleck der Netzhaut.

sere Hautdecke (*i*) umhüllt den ganzen, frei vorragenden Augapfel und bildet über demselben eine durchsichtige Hornhaut oder Cornea (*c*).

Vergleichen wir das hoch entwickelte Auge dieses Wurmes mit demjenigen des Menschen (Fig. 27) oder eines anderen höheren Wirbelthieres, so finden wir in allen wesentlichen Stücken eine übereinstimmende Anordnung der Theile. Nur ist die Hornhaut (*b*) hier stärker vorgewölbt, die Linse (*l*) dagegen flacher gewölbt. Eine blutgefässreiche Aderhaut (Choroidea) (*e*) liegt innen an der starken äusseren Schutzhaut (*a*) und setzt sich vorn in die gefärbte Regenbogenhaut oder Iris (*h*) fort, welche das Sehloch oder die Pupille umgiebt. Zwischen der Aderhaut (*e*) und der Netzhaut (*o*) liegt eine einfache Schicht von sehr regelmässig sechseckigen Pigmentzellen, welche mit schwarzem Farbstoff gefüllt sind (Fig. 28 *a*).

Fig. 28.



Die Pigmenthaut (Pigmentosa). *a* Zehn Zellen von der Fläche, *b* zwei dergl. von der Seite, *c* eine dergl. mit anhängenden Stäbchen.

Diese „schwarze Tapete“ oder Pigmenthaut (Pigmentosa) gehört sowohl ihrem Ursprung, wie ihrer optischen Bedeutung nach zur Netzhaut.

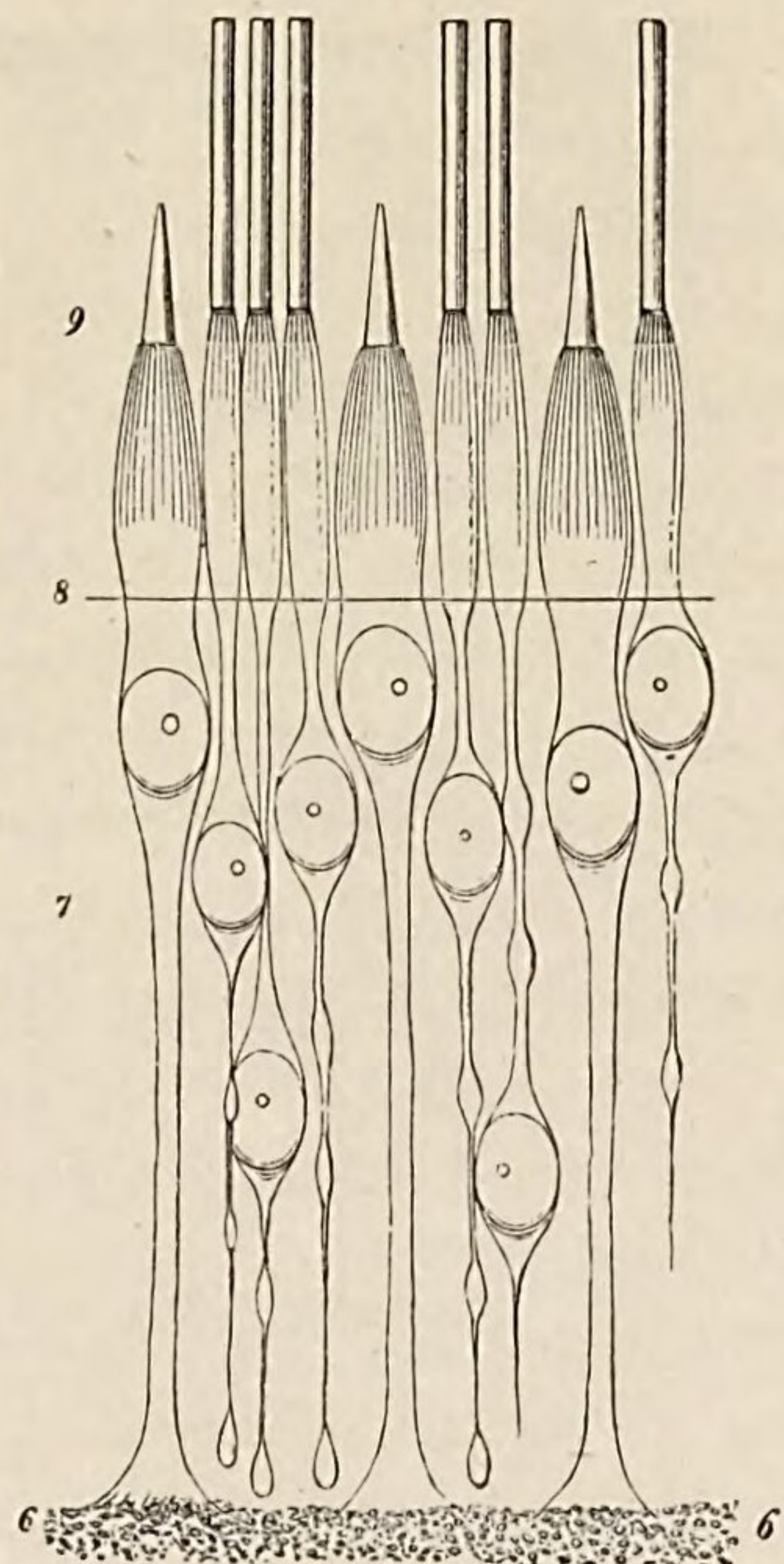
Der wichtigste und merkwürdigste Theil des Auges ist beim Menschen wie bei den übrigen Thieren die sogenannte Netzhaut oder Retina, eine sehr zarte und dünne Haut, welche wesentlich durch die Sehzellen gebildet wird. Diese „Sehzellen“ hängen mit den feinsten Endfäserchen des Sehnerven zusammen und sind, gleich den meisten anderen Sinneszellen, schlanke, stäbchenförmige Zellen. Bei den niederen Thieren sind diese optischen Stäbchenzellen von einfacher und gleichartiger Beschaffenheit. Bei den höheren Thieren hingegen sondern sie sich in zwei verschiedenartige Bildungen, die als Stäbchen und Zapfen bezeichnet werden. (Fig. 29.)

Die Stäbchenzellen sind länger und dünner, die Zapfenzellen kürzer und dicker. Die Stäbchenzellen, welche aussen ein dünnes cylindrisches Stäbchen tragen, scheinen bloss die Formen der Bilder, dagegen die Zapfenzellen, welche einen spitzen konischen Zapfen tragen, die Farben derselben zur Empfindung zu bringen. Daher werden die niederen Thiere, deren Sehnerven - Fasern sämtlich in Stäbchenzellen endigen, bloss farblose Bilder sehen und Farben überhaupt nicht kennen. Nur jene höheren Thiere, die zwischen den Stäbchenzellen auch noch Zapfenzellen besitzen, scheinen Farben unterscheiden zu können. Bei Fledermäusen und anderen nächtlichen Thieren finden wir nur wenige oder gar keine Zapfen in der Retina. Um so zahlreicher und entwickelter sind die Zapfen bei den Eidechsen und Vögeln, die den Sonnenschein lieben und offenbar einen sehr entwickelten Farbensinn besitzen.

Beim Menschen, wie bei den anderen höheren Wirbelthieren, können wir nicht weniger als zehn verschiedene Schichten in der Retina unterscheiden (Fig. 30).

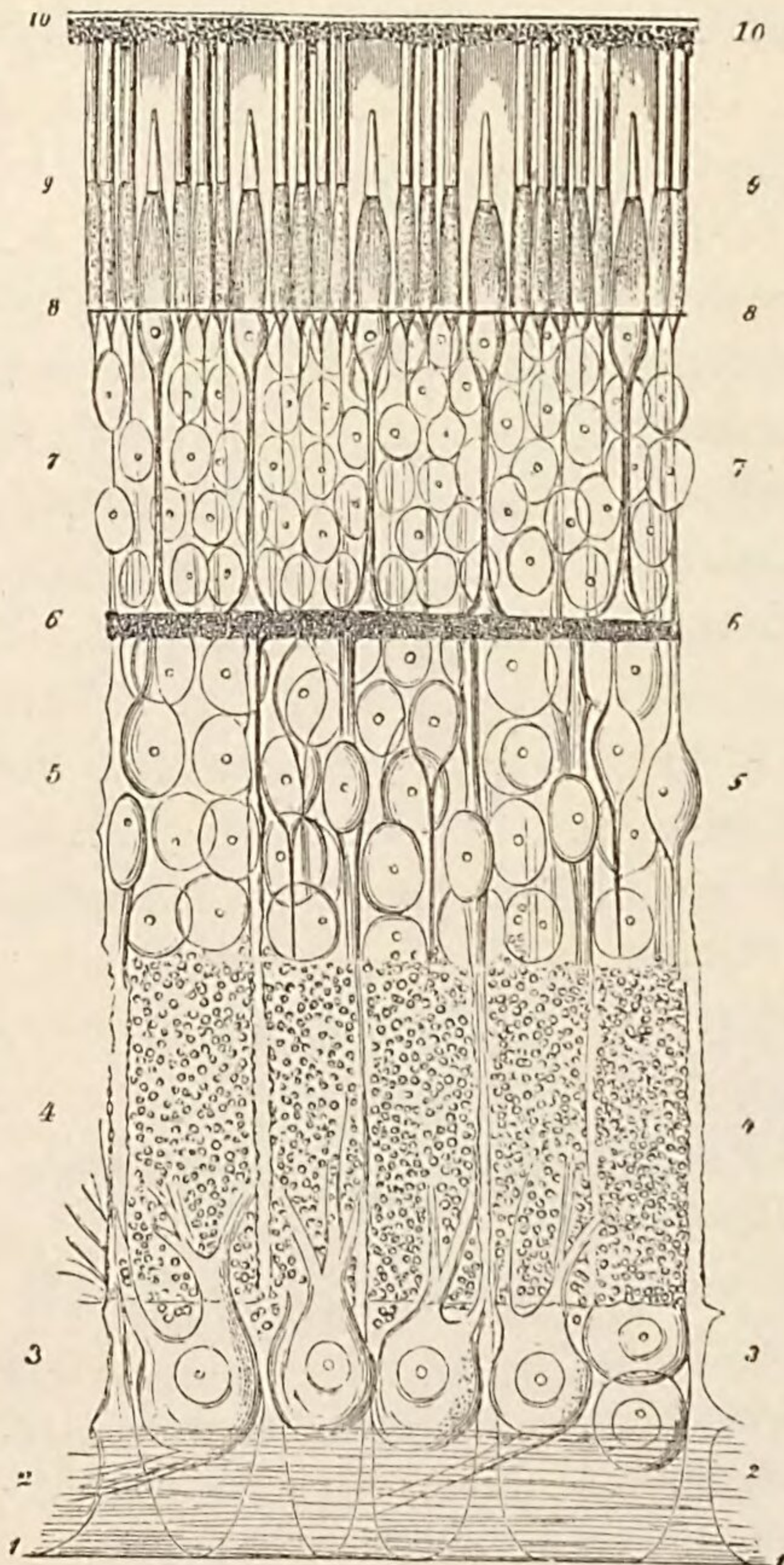
Zu äusserst liegt die Schicht der schwarzen Pigmentzellen (Pigmentosa, 10), unmittelbar darunter die Schicht der Sehzellen mit ihren Stäbchen und Zapfen (7—9). Diese ist durch eine dünne Zwischenkörnerschicht (6) von einer dicken Lage Körnerzellen (5) getrennt und diese wieder durch eine sehr dicke granulirte Schicht (4) von einer Lage grosser Ganglienzellen (3), die unmittelbar mit den Fasern des Sehnerven (2) in Zusammenhang stehen. Die Complication im Bau und in der Anord-

Fig. 29.



Neun Sehzellen vom Menschen (vom Hintergrunde der Netzhaut); drei kürzere und dickere Zapfenzellen stehen zwischen sechs längeren und dünneren Stäbchenzellen.

Fig. 30.



Senkrechter Durchschnitt durch ein Stückchen Netzhaut des Menschen. 1. Innere Grenzhaut. 2. Sehnervenfaser. 3. Ganglienzellen. 4. Innere, granulierte Schicht. 5. Innere Körnerzellenschicht. 6. Äussere Zwischenkörnerschicht. 7. Sehzellen. 8. Äussere Grenzhaut. 9. Stäbchen und Zapfen der Sehzellen. 10. Innere Grenzhaut. Sehr stark vergrössert.

über. Die Thränen-Organen, welche die äussere Oberfläche des Augapfels glatt und rein erhalten, entwickeln sich nur bei den drei höheren Wirbelthier-Klassen, Reptilien, Vögeln und Säugethieren. Dagegen kommen die Augenlider, welche als schützende und reinigende Vorhänge über die äussere Augen-

nung dieser Retina-Elemente entspricht den optischen Entwicklungsstufen des Auges, so dass also bei geübten Malern dieselbe weit vollkommener sein wird, als beim rohen Naturmenschen.

Zu diesen wichtigsten optischen Theilen des Auges gesellen sich nun beim Menschen, wie bei allen höheren Thieren, noch zahlreiche Hilfsapparate, welche den älteren, niederen Thieren fehlen; so namentlich innere Augenmuskeln, welche die Form des Auges verändern und die Linse auf verschiedene Entfernung einstellen; äussere Augenmuskeln, welche den Augapfel nach verschiedenen Richtungen hin bewegen. Um den ganzen Augapfel herum bildet sich eine feste äussere Schutzhaut (Sclera), in welcher oft sogar (z. B. bei den Vögeln) ein Ring von Knochenplatten entsteht. Vorn geht die Sclera in eine durchsichtige Hornhaut (Cornea)

fläche vorgezogen werden, schon bei den Fischen vor, und haben sich von diesen auf die höheren Wirbelthiere vererbt.

Nicht minder interessant als diese vielfältigen Fortschritte sind aber auch die Rückschritte, welche sich in der Augenbildung vieler Thierklassen vorfinden. Tief im Innern des Kopfes, von dicker Haut und Muskeln überzogen, finden wir bei einzelnen Thieren verschiedener Klassen wirkliche Augen, welche nicht sehen. Unter den Wirbelthieren giebt es blinde Maulwürfe und Wühlmäuse, blinde Schlangen und Eidechsen, blinde Amphibien und Fische. Unter den Gliederthieren kennen wir zahlreiche blinde Käfer und Krebse. Alle diese blinden Thiere haben sich an das Leben im Dunkeln gewöhnt; sie meiden das Tageslicht und wohnen in Höhlen oder Gängen unter der Erde. Dabei haben sie sich das Sehen abgewöhnt, und durch den Nichtgebrauch der Organe ist das Organ selbst verkümmert. Alle die genannten Höhlenthier sind nicht ursprünglich blind, sondern stammen von Vorfahren ab, die im Lichte lebten und wohlentwickelte Augen besaßen. Das verkümmerte Auge unter dem undurchsichtigen Felle ist bei diesen blinden Thieren auf allen Stufen der Rückbildung zu finden. Unter den höheren Krebsen, deren Augen auf langen, frei beweglichen Stielen sitzen, giebt es einige blinde Höhlenbewohner (nahe Vetter unseres Flusskrebse), bei denen das Auge selbst verschwunden, aber der Augenstiel noch vorhanden ist. Wie Darwin treffend bemerkt, ist hier das Gestell des Fernrohres übrig geblieben, das Fernrohr selbst verloren gegangen.

Solche rudimentäre Augen, welche nicht sehen, wie überhaupt viele Thatsachen aus der Entwicklungsgeschichte der Sinneswerkzeuge, beweisen auf das Klarste, dass auch die vollkommensten Sinnesorgane nicht das künstliche Produkt eines vorbedachten Schöpfungsplanes, sondern dass sie gleich allen anderen Organen des Thierkörpers das unbewusste Erzeugniss der natürlichen Züchtung im „Kampf ums Dasein“ sind. Ganz besonders überzeugend spricht für diese mechanische oder monistische Theorie der Sinnesentwicklung auch die Thatsache, dass sich gelegentlich bei verschiedenen Thieren Augen an solchen Körperstellen entwickeln, die sonst niemals Augen tragen. So haben z. B. die höheren Weich-

thiere, die Tintenfische und Schnecken, immer nur ein paar Augen am Kopfe, gleich den Wirbelthieren. Aber bei einigen Schnecken, den Onchidien, entwickeln sich ausserdem noch Augen in grosser Zahl auf dem Rücken, und was das Merkwürdigste ist, der Bau dieser Rücken Augen gleicht nicht demjenigen der Kopfaugen der Schnecken, sondern demjenigen der Wirbelthieraugen! Die echten Muschelthiere haben ihren Kopf und somit auch ihre beiden Kopfaugen verloren. Zum Ersatze dafür haben sich bei einzelnen Muscheln (Pecten) zahlreiche schöne, grüne Augen am Mantelrande entwickelt, d. h. am Aussenrande einer grossen Hautfalte des Rückens, die den Körper wie ein Mantel umgiebt. Bei den höheren Würmern finden wir gewöhnlich nur ein paar Augen am Kopfe. Aber einzelne Ringelwürmer (Fabricia) haben ausserdem noch ein paar Augen hinten am Schwanze, und andere (Polyophthalmus) besitzen an jedem Gliede ein paar Augen. Diese und viele ähnliche That sachen bezeugen auf das Klarste, dass auch die Augen, gleich den anderen Organen des Thierkörpers, durch Anpassung an die äusseren Lebensbedingungen sich selbst gebildet haben.

Die bewunderungswürdige Macht, welche die Anpassung auch auf die fortschreitende Vervollkommnung des höchsten Sinnesorganes beständig ausübt, lässt sich selbst innerhalb der kürzern Zeitspanne der menschlichen Culturgeschichte bis auf den heutigen Tag im Einzelnen verfolgen. Insbesondere erscheint der höhere Farbensinn heute bei uns ungleich mehr entwickelt, als er bei unseren Vorfahren vor Jahrtausenden bestand. Sind doch sogar viele Forscher jetzt zu der Ansicht gelangt, dass die Menschheit vor zweitausend Jahren nur die niederen Farben des Spektrums, roth, orange und gelb unterschied, während die höheren Töne, grüne, blaue und violette Farbe, ihr noch unbekannt waren. Für die Begründung dieser Annahme sind viele gewichtige Beweise aus den Kunstwerken und Schriftdenkmälern des Alterthums angeführt worden, aber freilich sprechen auch viele andere Beweise dagegen. Der darauf bezügliche Streit, an welchem sich namentlich der englische Minister Gladstone, der Breslauer Ophthalmolog Magnus, ferner Dr. E. Krause u. A. betheiligt haben, dauert auch heute noch fort. Wenn wir bedenken, wie ungemein verschieden der

Farbensinn selbst heute noch unter den Culturvölkern und einzelnen Personen entwickelt ist, wie weit die Farbenblindheit, der Daltonismus, in verschiedenen Graden verbreitet ist, dann werden wir das wenigstens sicher behaupten dürfen, dass der hoch entwickelte Farbensinn der Gegenwart erst ein spätes Erzeugniss der Culturentwicklung ist. Ganz besonders spricht dafür die späte Entwicklung der Landschaftsmalerei, die erst in unserem Jahrhundert zu einer früher nicht geahnten Vollendung gediehen ist. Wir empfinden die feineren Farbenschönheiten der Natur ungleich schärfer als unsere Vorfahren im Mittelalter. Die feineren Zapfenformen der Netzhaut, welche höheren Farbensinn vermitteln, haben sich daher wahrscheinlich erst im Laufe der letzten Jahrtausende allmählich entwickelt. Sehen wir doch noch heute bei den zurückgebliebenen Wilden eine Rohheit des Farbensinnes (ebenso wie des Tonsinnes) die den gebildeten Schönheitssinn erschreckt. Aber auch die Kinder lieben die schreiende Zusammenstellung greller Farben ebenso wie die Wilden, und die Empfänglichkeit für die Harmonie zarter Farbentöne ist erst das Product ästhetischer Erziehung!

Auch hier beim Auge, wie beim Ohr, ist es die Erziehung und Ausbildung, die Uebung und Gewöhnung, mit einem Worte die Anpassung, welche das Sinnesorgan und seine ästhetische Leistung allmählich so hoch emporgehoben hat; und durch Vererbung wird nun dieser steigende Erwerb von Generation zu Generation übertragen. Angesichts der erstaunlichen Fortschritte, die unser Farbensinn und Tonsinn bereits in historischer Zeit gemacht haben, dürfen wir hoffen, dieselben durch weitere sorgfältige Ausbildung und Erziehung noch auf eine weit höhere Stufe der Vollendung emporzuheben. Und wenn wir bedenken, dass die edle Kunst, dieser herrlichste Besitz der Menschheit, in erster Linie von der Ausbildung jener beiden ästhetischen Sinneswerkzeuge abhängt, so dürfen wir hoffen, durch die fortschreitende Vervollkommnung des Ohres und Auges auch die Tonkunst und die bildende Kunst in ferneren Jahrtausenden noch sehr wesentlich zu vervollkommen. So eröffnet uns die heutige Entwicklungslehre auch in ihrer Anwendung auf die geschichtliche Entwicklung der Sinneswerkzeuge den erfreulichsten Fernblick in eine vollkommnere Zukunft!

Nachschrift: Der vorstehende Vortrag über „Ursprung und Entwicklung der Sinneswerkzeuge“, den ich am 25. März 1878 im „Wissenschaftlichen Club“ zu Wien gehalten habe, beansprucht keineswegs eine umfassende Uebersicht über alle die verschiedenen Seiten dieses grossen, interessanten Erscheinungsgebietes zu geben. Vielmehr war sein Hauptzweck, einen klaren Einblick in die morphologische Seite desselben zu liefern und den gemeinsamen Ursprung aller Sinneswerkzeuge aus der äusseren Haut des Thierkörpers, die Abstammung aller Sinneszellen von Hautzellen nachzuweisen. Die physiologische Seite des Gebietes wurde nur flüchtig berührt. Als Ergänzung dienen für die Leser dieser Blätter die im ersten Bande des „Kosmos“ veröffentlichten trefflichen Aufsätze von Gustav Jaeger über die Organanfänge (I. Sehorgan. II. Hörorgan, S. 94, 201, sowie über „Farben und Farbensinn“ (S. 486); ferner von H. Magnus und Ernst Krause über „die geschichtliche Entwicklung des Farbensinnes“ (S. 264, 423).

Haeckel, Ernst,

Gesammelte populäre Vorträge aus dem Gebiete der Entwicklungslehre

Bd.: 2

(1879)

Bamberg, Staatsbibliothek -- Physiol.o.67-c#2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11764060-8